



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Aplicación del estudio del trabajo para mejorar la productividad del
área de esmerilado de una empresa de fundición. Lima, 2020.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR

Romero Bartra, Javier EHUD. (ORCID: 0000-0002-6344-1490)

ASESOR

Mg. Molina Vílchez, Jaime Enrique (ORCID: 0000-0001-7320-0618)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión empresarial y Productiva

LIMA - PERÚ

2020

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a mi esposa, quien me ha acompañado y animado en todos estos años de formación universitaria; y a mi hija, quien colma nuestras vidas con amor y felicidad.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios, a quien agradezco todas sus bendiciones.

Mis más sinceros agradecimientos al Ing. Juan Carlos Heredia Canales, quién desde mis primeros años de labor es mi mentor, jefe y amigo.

Finalmente, agradezco a los amigos y compañeros de trabajo que me apoyaron en la realización de la presente investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras	vi
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	9
III. METODOLOGÍA.....	28
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	28
3.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN	29
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA, MUESTREO Y UNIDAD DE ANÁLISIS	33
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	34
3.5. PROCEDIMIENTOS.....	36
3.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	84
3.7. ASPECTOS ÉTICOS.....	84
IV. RESULTADOS	85
V. DISCUSIÓN.....	93
VI. CONCLUSIONES.....	97
VII. RECOMENDACIONES.....	98
REFERENCIAS.....	99
ANEXOS	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de priorización.	3
Tabla 2. Matriz de relaciones.	4
Tabla 3. Matriz de selección de alternativa de solución.	6
Tabla 4. Matriz de operacionalización de variables. FUENTE: Elaboración propia.	32
Tabla 5. Indicadores y objetivos esperados de la aplicación del estudio del trabajo.	50
Tabla 6. Actividades de proceso de esmerilado de piezas fundidas con el método inicial.	54
Tabla 7. Registro de toma de tiempos preliminares en proceso de esmerilado de piezas fundidas con método inicial.	56
Tabla 8. Técnica del interrogatorio	59
Tabla 9. Matriz de selección de alternativa de solución para elegir el método alternativo a implementar.	60
Tabla 10. DAP del proceso de esmerilado de piezas fundidas con el método alternativo.	66
Tabla 11. Actividades de proceso de esmerilado de piezas fundidas con el método alternativo.	67
Tabla 12. Registro de toma de tiempos preliminares en proceso de esmerilado de piezas fundidas con método alternativo.	69
Tabla 13. Capacitación a operarios de esmerilado.	72
Tabla 14.. Datos pretest.	73
Tabla 15. Datos post-test.	76
Tabla 16. Inversiones tangibles.	79
Tabla 17. Inversiones tangibles.	80
Tabla 18. Inversiones intangibles.	80
Tabla 19. Costo de mano de obra antes de la mejora.	81
Tabla 20. Consumo de horas hombre antes de la mejora.	81
Tabla 21. Costo de materiales y mantenimiento antes de la mejora.	81
Tabla 22. Costo de mano de obra después de la mejora.	81
Tabla 23. Consumo de horas hombre después de la mejora.	81
Tabla 24. Costo de mano de obra después de la mejora.	81
Tabla 25. Evaluación económica de la solución. FUENTE: Elaboración propia.	82
Tabla 26. Cronograma de la investigación.	83
Tabla 27. Estadística descriptiva de Eficiencia.	87
Tabla 28. Estadística descriptiva de Eficacia.	88
Tabla 29. Estadística descriptiva de productividad.	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de causa y efecto.	4
Figura 2. Diagrama de Pareto.	5
Figura 3. Diagrama de estratificación.	5
Figura 4. Diagrama de operaciones del proceso.	17
Figura 5. Diagrama de flujo del proceso (DFP).	18
Figura 6. Símbolos de diagrama de flujo de proceso.	19
Figura 7. Diagrama de recorrido del proceso.	20
Figura 8.. Diagrama hombre-máquina.	21
Figura 9. Diagrama de procesos del operador o diagrama bimanual.	22
Figura 10. Planta de fundición de piezas de hierro y acero.	36
Figura 11. Proceso de fundición de acero.	37
Figura 12. Vista de información de página web de la empresa.	38
Figura 13. Producción desde el 2015 al 2019.	38
Figura 14. Principales productos fabricados.	39
Figura 15. Principales productos fabricados.	40
Figura 16. Principales productos fabricados.	40
Figura 17. Principales clientes.	41
Figura 18. Principales competidores.	41
Figura 19. Organigrama de la empresa.	43
Figura 20. Mapa de procesos de la empresa.	44
Figura 21. Esmerilado de piezas fundidas.	45
Figura 22. Diagrama SIPOC de proceso de área de acabado.	46
Figura 23. Flujo grama de procesos.	47
Figura 24. Organigrama de área de acabado.	48
Figura 25. Piezas fundidas listas para despacho al cliente.	49
Figura 26. DOP del proceso de fabricación de una pieza fundida.	51
Figura 27. DAP del proceso de esmerilado de piezas fundidas con el método inicial.	52
Figura 28. DRP del proceso de esmerilado de piezas fundidas con el método inicial.	53
Figura 29. Método inicial de esmerilado de piezas fundidas.	55
Figura 30. Operarios seleccionados para ejecutar el estudio de tiempos.	55
Figura 31. Diseño del sistema de alimentación de pieza fundida en el método inicial.	61
Figura 32. Diseño del sistema de alimentación de pieza fundida en el método alternativo.	62
Figura 33. Pieza fundida con el diseño del método inicial.	63
Figura 34. Pieza fundida con el diseño del método alternativo.	63
Figura 35. Toma de tiempos en proceso de esmerilado de piezas fundidas con el método alternativo.	64

<i>Figura 36. DRP del proceso de esmerilado de piezas fundidas con el método alternativo.</i>	65
<i>Figura 37.. Método alternativo de esmerilado de piezas fundidas.</i>	68
<i>Figura 38. Proceso de esmerilado de piezas fundidas con método alternativo.</i>	71
<i>Figura 39. Comparación de índices de actividades pre-test y post-test.</i>	85
<i>Figura 40. Comparación de tiempos estándar pre-test y post-test.</i>	86
<i>Figura 41. Histograma de eficiencia pre-test.</i>	87
<i>Figura 42. Histograma de eficiencia post-test.</i>	87
<i>Figura 43. Histograma de eficacia pre-test.</i>	88
<i>Figura 44. Histograma de eficacia post-test.</i>	88
<i>Figura 45. Histograma de productividad pre-test.</i>	89
<i>Figura 46. Histograma de productividad post-test.</i>	89

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es determinar si la aplicación del estudio del trabajo mejora la productividad, eficiencia y eficacia del área de esmerilado de piezas fundidas de una empresa de fundición.

Para este fin se ha aplicado el estudio de métodos y la medición del trabajo con cronómetro. La técnica de recolección de datos fue la observación y los instrumentos utilizados fueron las fichas de registro. El diseño de la investigación es preexperimental y el muestreo es no probabilístico.

La muestra en la investigación es igual a la población, la que está representada por la producción diaria de las piezas, que fueron analizadas en un periodo de 12 semanas para la etapa pretest y 12 semanas para la etapa post test.

Como resultado de la aplicación del estudio del trabajo en el proceso de esmerilado de piezas fundidas se obtuvo una mejora de la productividad de 42.35% en la etapa pretest a 89.53% en la etapa post test, una mejora de la eficiencia de 87.2% en la etapa pretest a 92.3% en la etapa post test, y una mejora de la eficacia de 48.5% en la etapa pretest a 97.4% en la etapa post test.

Palabras clave: Estudio de trabajo, Estudios de tiempo, Productividad, Eficiencia, Eficacia.

ABSTRACT

The objective of the present investigation is to determine if the application of the study of the work improves the productivity, efficiency and effectiveness of the area of grinding of castings of a foundry company.

For this purpose, the study of methods and the measurement of work with a stopwatch have been applied. The data collection technique was observation and the instruments used were record sheets. The research design is pre-experimental and the sampling is non-probabilistic.

The sample in the investigation is equal to the population, which is represented by the daily production of the pieces, which were analyzed in a period of 12 weeks for the pre-test stage and 12 weeks for the post-test stage.

As a result of the application of the work study in the process of grinding castings, an improvement in productivity was obtained from 42.35% in the pre-test stage to 89.53% in the post-test stage, an improvement in efficiency of 87.2% in the pre-test stage to 92.3% in the post-test stage, and an efficiency improvement from 48.5% in the pre-test stage to 97.4% in the post-test stage.

Keywords: Work study, Method study, Time studies, Productivity, Efficiency, Effectiveness.

I. INTRODUCCIÓN

La productividad es un elemento clave de competitividad para las empresas manufactureras (Hubert, Nadarajah 2019) y (Nasir, Khan, Basra, Malik 2020). Las empresas de fundición siempre han estado en búsqueda de mejorar su productividad. El cambio tecnológico en esta industria ha permitido mejorar la eficiencia de los procesos y mejorar la calidad sus productos. Estos desarrollos han ayudado a las fundiciones a mejorar el transporte de materiales y reducir los requisitos de horas-hombre (Carey 1973), (Ferrerías-Higuero, Leal-Muñoz, García de Jalón, Chacón, Vizán 2020) y (Harikrishnan, Rajeswaran, Sathish Kumar, Dinesh 2020). La industria de la fundición implica varios procesos como la fabricación de moldes, la creación de patrones, la fusión de metal, el vertido de metal fundido, el acabado de las piezas fundidas, etc. (Barot, Patel, Sharma, Rathod, Solanki, Patel 2019). Sin embargo, muchas empresa de fundiciones hasta el día de hoy continúan realizando sus procesos convencionales de manera manual (Chelladurai, Mohan, Hariharashayee, Manikandan, Sivaperumal 2020) y (Saetta, Caldarelli 2020). Debido a que las metodologías tradicionales de fundición de metales no han cambiado mucho en los últimos años, lo que representa grandes importantes desafíos y oportunidades para mejorar la productividad en este tipo de industria (Pagone, Salonitis, Jolly 2018) y (Venkat Jayanth, Prathap, Sivaraman, Yogesh, Madhu 2020). Uno de los más importantes retos de las fábricas de fundición son las largas horas dedicadas al esmerilado manual de piezas fundidas (Nyemba, Moyo, Mbohwa 2018) y (Thorat, Mahesha 2018).

De acuerdo con Mulugeta (2020) y Uludağ (2020), la implementación de nuevas prácticas de fabricación de manufactura ajustada utilizando herramientas basadas en el estudio del trabajo logran la reducción de los tiempos de ciclo operativos e incrementan la productividad de los procesos. El estudio del trabajo es conjunto de técnicas de la ingeniería industrial que establecen las bases para la estandarización de los tiempos de operación, cuyo objetivo es aumentar la productividad eliminando las operaciones que no agregan valor al proceso

(Sivaraman, Nithyanandhan, Lakshminarasimhan, Manikandan, Saifudheen 2020), (Ovalle, Cárdenas 2016) y (Purushothaman, Seadon, Moore 2020). Por lo tanto, las empresas que aplican el estudio del trabajo en sus procesos son más eficientes y tienen mayor productividad (Andrade, Del Río, Alvear 2019) y (Balamurugan, Kirubagharan, Ramesh 2020).

Conforme con los resultados de Bellido, Villar, Esquivel (2016), Espichán, Amado, Gutiérrez (2015), Valdivieso, Meza, Gutierrez (2019), Tuesta, Chihuahua, Calla (2018) y Bellido, Villar, Esquivel (2016), quienes han realizado investigaciones en el Perú, podemos mencionar algunas investigaciones donde se aplica el estudio del trabajo mejorando la productividad en diferentes sectores industriales:

Basándonos en los antecedentes la presente investigación tiene como objetivo determinar que la aplicación del estudio del trabajo mejora la productividad en el proceso de esmerilado de piezas fundidas de una empresa de fundición.

En la empresa donde se realizará la investigación, es una empresa nueva en el mercado nacional peruano, y ha tenido un incremento ascendente en su producción anual durante los últimos años. Sin embargo, muchos de sus procesos no están estandarizados, por lo que no se cuentan con tiempos estándares para las diferentes operaciones. Por otra parte debido a diferentes factores los productos que fabrican presentan defectos de fundición que obligan a ocupar tiempos adicionales en la reparación por soldadura de los mismo, esto genera retrasos en las ordenes de entregas. Asimismo, se presentan averías por incumplimiento del programa de mantenimiento en los equipos de producción. También debido a la coyuntura se tiene ausentismo laboral en las diferentes áreas de la empresa. Se ha observado que recién se está implantado un sistema que minimice los accidentes laborales y mejore el orden y las piezas de las áreas de trabajo.

Para determinar el problema de estudio en la empresa en la que se desarrolló la presente investigación y establecer que la implementación del estudio del trabajo es la mejor alternativa para resolverlo se realizaron los siguientes pasos:

- 1) Lluvia de ideas.
- 2) Diagrama de Ishikawa.
- 3) Diagrama de relaciones
- 4) Diagrama de Pareto
- 5) Diagrama de estratificación
- 6) Matriz de selección de alternativa de solución.

DESARROLLO:

- 1) Se realizó una lluvia de ideas, evaluaron los principales problemas del área de acabado de piezas, luego se ponderó acorde a una escala y se seleccionó el problema con mayor puntaje.

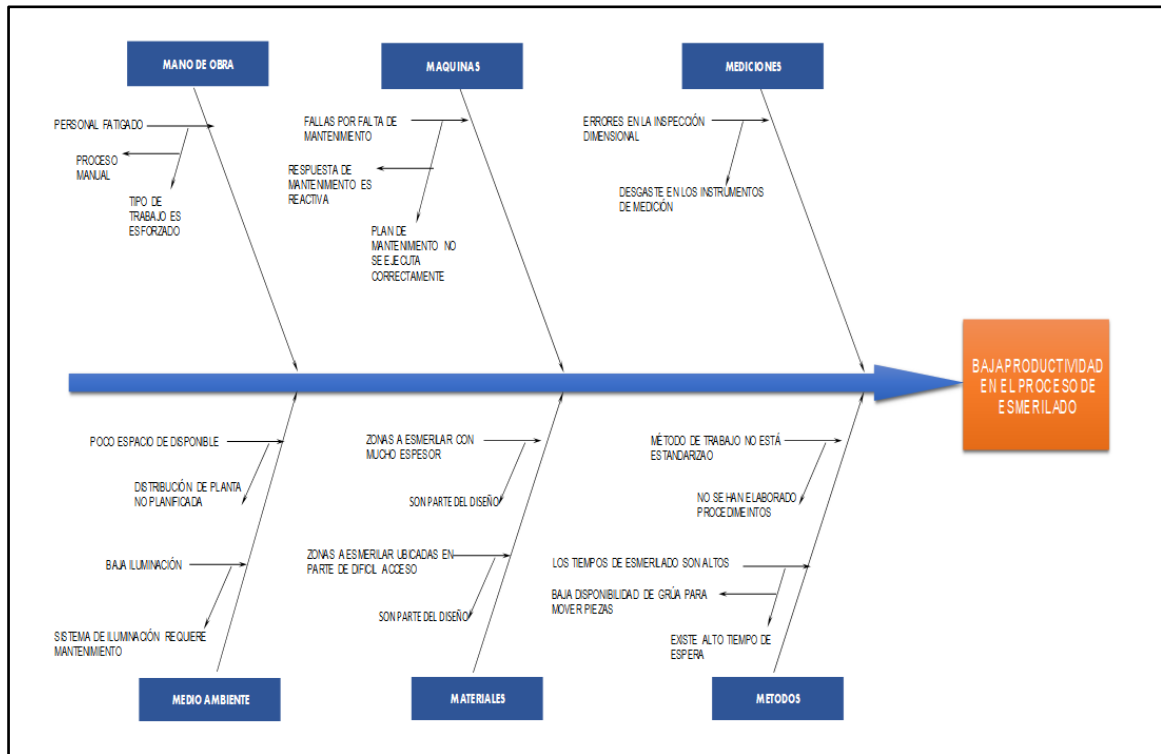
Tabla 1. Matriz de priorización.

Item	Descripción de los problemas observados	Jefe de Control de Procesos	Jefe de Área	Supervisor de Turno 1	Supervisor Turno 2	Supervisor de Control de Calidad	Operario de Producción	Puntaje Acumulado
1	Baja productividad en el proceso de esmerilado	50	90	50	50	10	10	260
2	Ausentismo y rotación del personal	10	10	10	10	0	0	40
3	Parada de producción por fallas en máquinas	10	10	10	10	10	10	60
4	Accidentes de trabajo en el proceso productivo	10	10	10	10	0	0	40
5	Desorden y falta de limpieza en el área de producción	10	10	0	0	0	0	20
6	Reparación de Defectos de fundición	30	30	30	30	30	30	180
TOTAL DE VALORACIÓN		120	160	110	110	50	50	600

FUENTE: Elaboración propia.

- 2) Se elaboró un diagrama de causa efecto para determinar las causas raíz del problema elegido. Para Dobrusskin (2016) El análisis de causa raíz se utiliza para investigar las causas subyacentes de un evento específico y, a menudo, se aplica a problemas de calidad en la fabricación y la industria. Una representación gráfica muy conocida es el diagrama de espina de pescado o Ishikawa. Las causas relacionadas (o ideas para las causas) de un problema específico se agrupan en categorías y se organizan en un diagrama que se asemeja al esqueleto de un pez, de ahí el nombre diagrama de causa efecto.

Figura 1. Diagrama de causa y efecto.



FUENTE: Elaboración propia.

- 3) Se analizaron las relaciones de entre las causas en una matriz de relaciones, ponderando la suma de las relaciones para cada causa analizada.

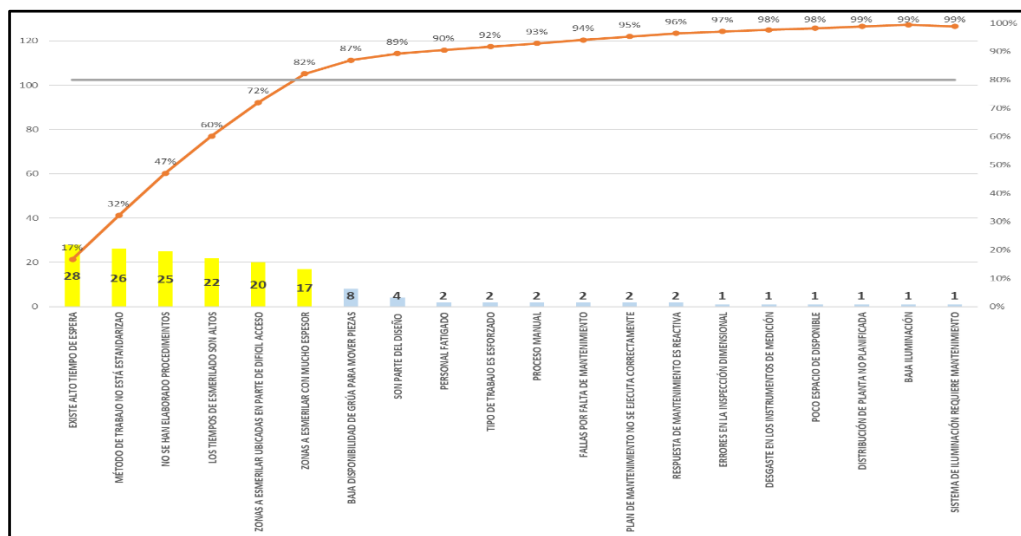
Tabla 2. Matriz de relaciones.

MATRIZ DE RELACIONES																							
BAJA PRODUCTIVIDAD EN PROCESO DE TRATAMIENTO TÉRMICO																							
Código	Clasificación	CAUSA	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	INFLUENCIA
P1	MANO DE OBRA	PERSONAL FATIGADO	0	1	1																		2
P2	MANO DE OBRA	TIPO DE TRABAJO ES ESFORZADO	1	0	1																		2
P3	MANO DE OBRA	PROCESO MANUAL	1	1	0																		2
P4	MAQUINAS	FALLAS POR FALTA DE MANTENIMIENTO				0	1	1															2
P5	MAQUINAS	PLAN DE MANTENIMIENTO NO SE EJECUTA CORRECTAMENTE				1	0	1															2
P6	MAQUINAS	RESPUESTA DE MANTENIMIENTO ES REACTIVA				1	1	0															2
P7	MEDICIONES	ERRORES EN LA INSPECCIÓN DIMENSIONAL							0	1													1
P8	MEDICIONES	DESGASTE EN LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN							1	0													1
P9	MEDIO AMBIENTE	POCO ESPACIO DE DISPONIBLE									0	1											1
P10	MEDIO AMBIENTE	DISTRIBUCIÓN DE PLANTA NO PLANIFICADA									1	0											1
P11	MEDIO AMBIENTE	BAJA ILUMINACIÓN											0	1									1
P12	MEDIO AMBIENTE	SISTEMA DE ILUMINACIÓN REQUIERE MANTENIMIENTO											1	0									1
P13	MATERIALES	ZONAS A ESMERILAR CON MUCHO ESPESOR	3	3	3										0	2	3			3			17
P14	MATERIALES	ZONAS A ESMERILAR UBICADAS EN PARTE DE DIFÍCIL ACCESO	3	3	3										2	0	3			3	3		20
P15	MATERIALES	SON PARTE DEL DISEÑO													2	2	0						4
P16	MÉTODOS	MÉTODO DE TRABAJO NO ESTÁ ESTANDARIZAO	2	2	1	1	1	1	2	2			1	1	1	1	1	0	3	3	3		26
P17	MÉTODOS	NO SE HAN ELABORADO PROCEDIMIENTOS	2	2	1	1	1	1	2	2			1	1	1	1	1	2	0	3	3		25
P18	MÉTODOS	LOS TIEMPOS DE ESMERILADO SON ALTOS	2	2	1	1	1	1	2	1			1	1	1	1	1	2	1	0	2	1	22
P19	MÉTODOS	EXISTE ALTO TIEMPO DE ESPERA	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	3	3	1	3	3	3	0	2	28
P20	MÉTODOS	BAJA DISPONIBILIDAD DE GRUJA PARA MOVER PIEZAS									1	1					1	2	1	2	0	0	8
DEPENDENCIA			15	15	12	6	6	6	8	7	1	1	5	5	11	11	10	8	9	16	13	3	168

FUENTE: Elaboración propia.

- 4) Acorde a la información obtenida en el diagrama de relaciones, se elaboró un diagrama de Pareto para determinar las causas principales. Para Kudla y Brook (2018) menciona que el diagrama de Pareto es una representación visual que clasifica los datos recopilados de una tabla de distribución. El principio de Pareto (“80/20”), establece que el 20% de los factores contribuyentes son responsables del 80% de los efectos.

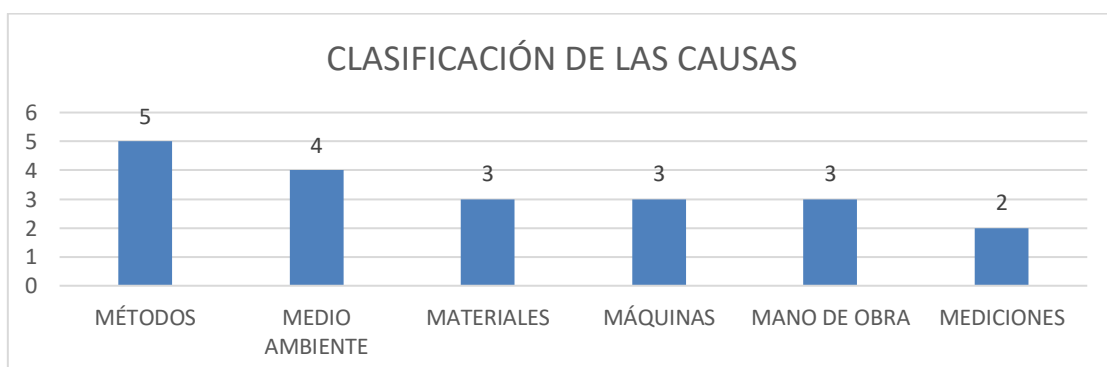
Figura 2. Diagrama de Pareto.



FUENTE: Elaboación propia.

- 5) Asimismo, se realizó un diagrama de estratificación para visualizar la clasificación de las causas.

Figura 3. Diagrama de estratificación.



FUENTE: Elaboación propia.

- 6) Finalmente, se elaboró una matriz de selección de alternativa de solución, donde de acuerdo con criterios de factibilidad, implementación y costo (descritos en el anexo 10), se eligió la Aplicación del estudio del trabajo.

Tabla 3. Matriz de selección de alternativa de solución.

ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN		NIVEL DE COMPLEJIDAD						TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN						INVERSIÓN ESTIMADA						Puntaje TOTAL			
		Jefe de Control de Procesos	Jefe de Área	Supervisor de Turno 1	Supervisor Turno 2	Supervisor de Control de Calidad	Operario de Producción	Puntaje Acumulado	Jefe de Control de Procesos	Jefe de Área	Supervisor de Turno 1	Supervisor Turno 2	Supervisor de Control de Calidad	Operario de Producción	Puntaje Acumulado	Jefe de Control de Procesos	Jefe de Área	Supervisor de Turno 1	Supervisor Turno 2		Supervisor de Control de Calidad	Operario de Producción	Puntaje Acumulado
1	SMED	0	30	0	10	30	0	70	30	30	30	30	30	30	180	0	10	0	0	10	0	20	270
2	MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	0	10	0	0	10	0	20	10	10	10	10	10	10	60	0	30	0	10	30	0	70	150
3	ESTUDIO DEL TRABAJO	50	50	50	50	50	50	300	50	30	30	30	30	30	200	30	30	50	50	50	50	260	760
4	MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	30	30	30	30	30	10	160	0	10	0	10	30	0	50	10	30	50	50	10	10	160	370
5	TEORÍA DE RESTRICCIONES	50	50	50	50	50	50	300	10	30	50	50	10	10	160	30	30	30	30	10	30	160	620

FUENTE: Elaboarción propia.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El problema general de la presente tesis es: ¿de qué manera la aplicación del Estudio del Trabajo mejora la productividad del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020?. Asimismo, los problemas específicos son: ¿de qué manera la aplicación del Estudio del Trabajo mejora la eficiencia del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020?, y ¿de qué manera la aplicación del Estudio del Trabajo mejora la eficacia del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020?

JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

- **JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA:** La presente investigación es importante en el contexto económico debido a que la aplicación del Estudio de trabajo mejora la productividad de las empresas. En consecuencia, como resultado de su aplicación se establecerán nuevos métodos operativos que reduzcan los tiempos de ciclo del proceso productivo, lo que representa un ahorro en costo de mano obra directa generando beneficios económicos para la organización.
- **JUSTIFICACIÓN TÉCNICA:** La presente investigación es importante en el contexto técnico porque permite la descripción y aplicación de uno de los principales campos de la Ingeniería industrial, donde a través del estudio de tiempos y movimientos; así como, de la revisión y mejora de los métodos de trabajo se logra crear valor agregado en los diferentes tipos de industrias y generar la consolidación de conocimientos técnicos, matemáticos y estadísticos para futuras investigaciones.
- **JUSTIFICACIÓN SOCIAL:** La presente investigación es importante en el contexto social porque como resultado de la implementación del Estudio del Trabajo en la organización, se desarrollarán mejoras en los métodos de trabajo lo que permitirá que los trabajadores cumplan con sus actividades en menor tiempo, en consecuencia, la necesidad de programar sobretiempos se reducirá. Por tal motivo los trabajadores podrán disponer de mayor cantidad de tiempo para destinarlo a su vida personal y familiar, favoreciendo una vida laboral equilibrada.

HIPÓTESIS

La hipótesis general de la presente tesis es: la aplicación del Estudio del Trabajo mejora la productividad del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020. Asimismo, las hipótesis específicas son: la aplicación del Estudio del Trabajo mejora la eficiencia del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020., y la aplicación del Estudio del Trabajo mejora la eficacia del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020.

OBJETIVO

El problema general de la presente tesis es: Determinar como la aplicación del Estudio del Trabajo mejorará la productividad del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020. Asimismo, los objetivos específicos son: determinar como la aplicación del Estudio del Trabajo mejorará la eficiencia del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020., y determinar como la aplicación del Estudio del Trabajo mejorará la eficacia del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Dentro de las aplicaciones recientes del estudio del trabajo en empresas de fundición podemos resaltar la que fue realizada en Indonesia por Dila Sari, Hardiansa, Ragil (2018) en su investigación titulada ***Workload assessment on foundry SME to enhance productivity using full time equivalent*** para mejorar la productividad en una empresa PYME de fundición de aluminio. Con el objetivo aumentar la cantidad de producción, se analizó el tiempo del ciclo y la carga de trabajo de los operadores en la línea de producción de fundición. El resultado de la investigación proporcionó recomendaciones para la adición de 2 trabajadores en cada división para satisfacer la demanda de producción. Asimismo, se realizó la simulación comparando el sistema de trabajo de prefijo y propuesta, los resultados obtenidos de la simulación con el sistema de trabajo inicial fueron de 223 unidades/ día. Mientras tanto, para que el sistema de trabajo propuesto se obtuvo una producción de 291 und/día.

En Bangladesh, Moktadir, Ahmed, Tuj, Sultana (2017) en su investigación titulada ***Productivity Improvement by Work Study Technique: A Case on Leather Products Industry of Bangladesh***, se desarrolla la aplicación del estudio del trabajo en una empresa de productos de cuero. Con el objetivo de ayudar a mejorar la productividad para aumentar las ganancias por medio de minimizar el exceso de trabajo y desarrollar un nuevo método para una operación particular. Para ello, se realizó el estudio del método aplicando técnicas de cuestionamiento conceptual donde se ha realizado el registro y análisis crítico de toda la información relacionada en una línea de producción. Como resultado, se redujo la una cantidad de operaciones de trabajo con la implementación de nuevo método mejorado. Luego se ha realizado un estudio de tiempos mediante cronómetro y se ha determinado el tiempo estándar para toda la secuencia de operación y se ha calculado la capacidad de cada estación de trabajo por día. Al aplicar el estudio de métodos y la medición del trabajo en la línea de producción de bolsos para mujer, la productividad se ha mejorado en un 12,71%.

De la misma manera Duran, Cetindere, Aksu (2015) en su investigación ***Productivity Improvement by Work and Time Study Technique for Earth Energy-glass Manufacturing Company***. Donde los investigadores analizan una empresa que produce vidrio, enfocándose en el proceso de modelo de vasos de té. En esta investigación se utilizó la técnica de la observación directa y se utilizaron fichas de registros para recolectar los datos. Para medir la eficiencia del proceso en mención, se realiza un registro de tiempo y se calcula el tiempo estandarizado. Se compara el tiempo real y el tiempo estandarizado y como resultado se formula un nuevo método de trabajo. Como resultado del estudio, Se propone un método de trabajo en el que se reubica las zonas de trabajo, lo cual reduce el tiempo de espera de 85 minutos a 55 minutos, reducir el tiempo estándar de 40.48 minutos a 31.9 minutos.

De manera similar, Jain, Gupta, Meena, Dangayach (2016) en su investigación ***Optimisation of labour productivity using work measurement techniques***. Los investigadores aplican la técnica de secuencia de operaciones de Maynard (MOST) a través de un caso estudio de mejora de procesos para mejorar la productividad laboral en una empresa de fundición. El estudio observacional MOST mejoró el tiempo del proceso de fundición en un 17,69% en comparación con la técnica del cronómetro. Asimismo, los investigadores sostienen que el estudio MOST es bien aceptado por los trabajadores en comparación con la técnica del cronómetro durante la implementación de la técnica de observación MOST.

Del mismo modo, Kulkarni, Kulkarni, Gaitonde (2018) en su investigación titulada ***Productivity improvement in assembly workstation of motor winding unit***, en la que se tuvo como objetivo determinar el tiempo de ciclo para los procesos de bobinado e inserción de bobinas y proponer métodos mejorados para reducirlos sus tiempos de operación y mejorar la productividad. El estudio también tiene como objetivo estudiar el diseño del taller de producción existente y proponer un diseño revisado para reducir el movimiento de transporte de materiales. Como resultado de la investigación: el tiempo estándar para la estación de inserción de bobinas se redujo de 52,2 minutos a 29 minutos. Esta es una mejora de más del 44%. La Reubicación de para los bancos de trabajo de bobinado resultó en una

mejora mínima en el tiempo de ciclo, de 14,9 minutos a 13,59 minutos, que representa un 8,79%. El diseño propuesto para el taller ha reducido el movimiento de material en un 38,38%.

Asimismo, en el Perú algunas investigaciones sobre la aplicación del estudio del trabajo son:

Por ejemplo tenemos a Colan (2017), en su tesis ***Aplicación del estudio de trabajo para la mejora productiva en la línea de producción del área de fundición en la empresa Fusimec S.A.C. Ancón, 2017***, en la que por medio de la aplicación del estudio de métodos y medición del tiempo se tiene como objetivo mejorar la productividad en el proceso de producción de piezas platos perforados. La investigación siguió la siguiente metodología: diagnóstico situacional del proceso productivo utilizando el Diagrama Ishikawa y Diagrama Pareto, Luego se describió el método de trabajo en diagramas de recorrido y diagramas de operaciones de proceso y se registró los tiempos de trabajo en un formato de hoja de estudio de tiempo, finalmente se formuló e implantó un nuevo método de trabajo formuló un nuevo método de trabajo el cual redujo los movimientos innecesarios y buscó aumentar la productividad. Su población estuvo representada por la producción diaria por un periodo de 26 días, su muestra fue igual a su población, su tipo de muestreo utilizado fue No Probabilístico, la técnica de recolección de datos usada fue la observación directa y los instrumentos de recolección de datos fueron: el cronometro, la ficha de registros de Toma de Tiempos, la ficha de registro del Diagrama de Actividades del Proceso y la ficha de Control de Producción. Los resultados obtenidos fueron: un aumento de la eficiencia de 71% a 82%, que representan un 22% de incremento porcentual; también se obtuvo un aumento de la eficacia de 63% a 90%, que representan un 42% de incremento porcentual, y la productividad aumentó de 45% a 79%, que representan un 75% de incremento porcentual en la productividad.

De manera similar Carrión (2018) en su tesis ***Aplicación del estudio de trabajo para la mejora de la productividad en el área de soldadura de la empresa MQ Metalúrgica SAC. - Lima 2018***, en la que a través de la aplicación del estudio de métodos y medición del tiempo se tiene como objetivo mejorar la productividad en el proceso de soldadura de una empresa metalmecánica. El diagnóstico

situacional se realizó con la aplicación de herramientas de calidad el Diagrama Ishikawa y Diagrama Pareto, Luego se describió el método de trabajo en diagramas de recorrido y diagramas de operaciones de proceso y se registró los tiempos de trabajo en un formato de hoja de estudio de tiempo, finalmente se formuló la implementación de las 5'S para aumentar la productividad. Su población estuvo representada por la producción diaria por un periodo de 30 días, su muestra fue igual a su población, su tipo de muestreo utilizado fue No Probabilístico, la técnica de recolección de datos usada fue la observación directa y los instrumentos de recolección de datos fueron: Formato de Toma de Tiempos, cálculo del Número de Muestras, Formato de Tiempo Estándar, ficha de Diagrama de Actividades del Proceso, y la ficha de Eficiencia, Eficacia y Productividad, así como un cronómetro. Los resultados obtenidos fueron: un aumento de la eficiencia incrementó 7%; también se obtuvo un aumento de la eficacia se incrementó 13% y la productividad se incrementó 17%.

De igual forma, Conde (2017) en su tesis ***Aplicación del Estudio de Trabajo para incrementar la Productividad en el proceso productivo de planchas para tanques en la empresa HAUG S.A., Lima 2017***, en la que con la aplicación del estudio de métodos y medición del tiempo se tiene como objetivo mejorar la productividad en el proceso de fabricación de tanques de metal P9-P2076 de una empresa metalmecánica. El diagnostico situacional se realizó por medio de gráficos estadísticos Luego se describió el método de trabajo en diagramas de recorrido y diagramas de operaciones de proceso y se registró los tiempos de trabajo en un formato de hoja de estudio de tiempo, finalmente se formuló la implementación de las 5'S para aumentar la productividad. Su población estuvo representada por las 9 operaciones del proceso productivo, su muestra fue igual a su población, su tipo de muestreo utilizado fue No Probabilístico, la técnica de recolección de datos usada fue la observación directa y los instrumentos de recolección de datos fueron: fichas técnicas y formatos de recolección de datos. Los resultados obtenidos fueron: la reducción de 2.8% en el tiempo estándar del proceso además de un incremento en la utilización eficiente de los recursos en 4.14%, así como, un incremento de total de la productividad del 15.37%.

Del mismo modo, Alarcón, Jiménez (2020) en su tesis ***Estudio del trabajo para mejorar la productividad en la fabricación de estructuras metálicas en Maquiser E.I.R.L. Comas, 2020***, en la que con la aplicación del estudio de métodos y medición del tiempo se tiene como objetivo mejorar la productividad en el proceso de fabricación de puertas metálicas. El diagnóstico situacional se realizó con la aplicación de herramientas de ingeniería, Luego se describió el método de trabajo en diagramas de recorrido y diagramas de operaciones de proceso y se registró los tiempos de trabajo en un formato de hoja de estudio de tiempo, finalmente se formuló la implementación de las 5'S para aumentar la productividad. Su población estuvo conformada por la cantidad de puertas metálicas producidas en un periodo de 5 semanas, su muestra fue igual a su población, su tipo de muestreo utilizado fue No Probabilístico, la técnica de recolección de datos usada fue la observación directa y los instrumentos de recolección de datos fueron: fichas de registros. Los resultados obtenidos fueron: la mejora de la eficiencia de 83,08 a 92,40%, con un incremento de 9,32%; la mejora de la eficacia de 82,00% a 93,33%, lo implica un incremento de 11,33%, así como, la productividad mejoró de 68,13% a un 86,46%, incrementando en un 18,33%,

De igual forma Izaguirre, Villar, Gutiérrez (2016) en su investigación ***Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad en el proceso lavado de envases de agua de mesa en la empresa Q'SED, Chimbote – 2016***, realizaron en su investigación la aplicación del estudio tiempos y movimientos para mejorar la productividad en una empresa de agua embotellada. LA recolección de datos se realizó utilizando la técnica de la observación y el instrumento utilizado fue el formulario de estudio de tiempos. El proceso se analizó a través de diagramas de operaciones, diagramas de recorrido y diagrama bimanual. Logrando después de implantadas las mejoras la reducción 73.33% de los movimientos ineficientes entre además se determinó el tiempo estándar del proceso estudiado, disminuyendo en 75.16% el tiempo de ciclo de operación, logrando incrementar la capacidad productiva de 200 a 360 bidones diarios.

2.2. TEORIAS RELACIONADAS

2.2.1. ESTUDIO DEL TRABAJO

De acuerdo con Kiran (2020), el estudio del trabajo es una disciplina de la Ingeniería Industrial que analiza y evalúa los sistemas de trabajo con el fin de incrementar la productividad de hombres, máquinas y materiales; para este fin se usan técnicas como el estudio de métodos y la medición del trabajo. Por otra parte, Flores (2016) indica que el estudio del trabajo es un conjunto de herramientas que permiten medir y optimizar la fuerza laboral determinando estándares de producción que permitan la eficiente planificación y control de las operaciones por medio de la aplicación del estudio de métodos y medición del trabajo.

A. ESTUDIO DE MÉTODOS

De acuerdo con Flores (2016) se define el estudio de métodos como una técnica que permite realizar la mejora continua de los procesos. A través del análisis de las operaciones que comprenden un proceso, se formulan nuevos métodos que permitan la optimización de procedimientos, el mejor aprovechamiento de los materiales, mano de obra y equipos de producción con el fin de incrementar la productividad. El estudio de métodos es el paso previo para la obtención de los tiempos estándares de producción.

De la misma forma, Kiran (2020) indica que el estudio de métodos se define como el registro sistemático y análisis crítico de las formas existentes y propuestas de hacer un trabajo, con el objetivo de desarrollar y aplicar métodos más fáciles y eficaces que reduzcan los costos.

OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE MÉTODOS

Conforme con Niebel y Freivalds (2014), los principales propósitos de la aplicación del estudio de métodos son: Incrementar la productividad y disminuir los costos unitarios. Sin embargo, podemos adicionar los siguientes objetivos:

- Reducir el tiempo requerido para realizar las tareas.
- Incrementar la calidad y consistencia de los productos y servicios.

- Determinar los materiales más adecuados para reducir costos.
- Reducir los costos en energía.
- Incrementar la seguridad de los trabajadores.
- Establecer procesos que protejan el medio ambiente.
- Desarrollar una administración del personal que mejore la satisfacción de los empleados.

PROCEDIMIENTO DE ESTUDIO DE MÉTODOS

Para Niebel, Freivalds (2014) el estudio de métodos se realiza desarrollando un procedimiento sistemático. Por lo general es aplicado en proyectos (proceso u operaciones) que presentan un alto costo de manufactura y una baja ganancia, en productos que tienen problemas de calidad o tienen competitividad baja.

Por otro lado Flores (2016) menciona que el estudio del trabajo tiene los siguientes pasos:

- 1) Identificación de las operaciones del proceso y selección de las actividades críticas que generar cuellos de botella y retrasos en el proceso para su estudio.
- 2) Estudio de las actividades críticas, estandarizando la forma correcta de realizar estas actividades, registrando y documentando mediante el uso de diagramas mayores o menores según se requiera.
- 3) Analizar el método actual de las actividades e identificar oportunidades de mejora para formular y proponer métodos alternativos que mejoren la forma actual de trabajo. Para ello se utiliza la simplificación, eliminación, redistribución o combinación de tareas.
- 4) Evaluar los métodos alternativos propuestos y seleccionar el más eficiente para su registro respectivo, haciendo uso de los diagramas de proceso.
- 5) Desarrollar el nuevo método propuesto y determinar los estándares de los materiales, estándares de tiempos, condiciones de trabajo y competencias de los trabajadores involucrados.

- 6) Presentar el nuevo método e implementarlo con los ajustes respectivos, capacitando al personal y haciendo pruebas piloto para ver sus resultados.
- 7) Seguimiento y control del método implementado, comparando los valores estándares con los obtenidos y tomar acciones para seguir mejorando.

DIAGRAMAS DE ANÁLISIS

De acuerdo con Flores (2016) las herramientas de registro y análisis se utilizan para obtener un registro del método en estudio. Proporcionan a través de esquemas la información pertinente para la toma de decisiones en la mejora de los métodos de trabajo.

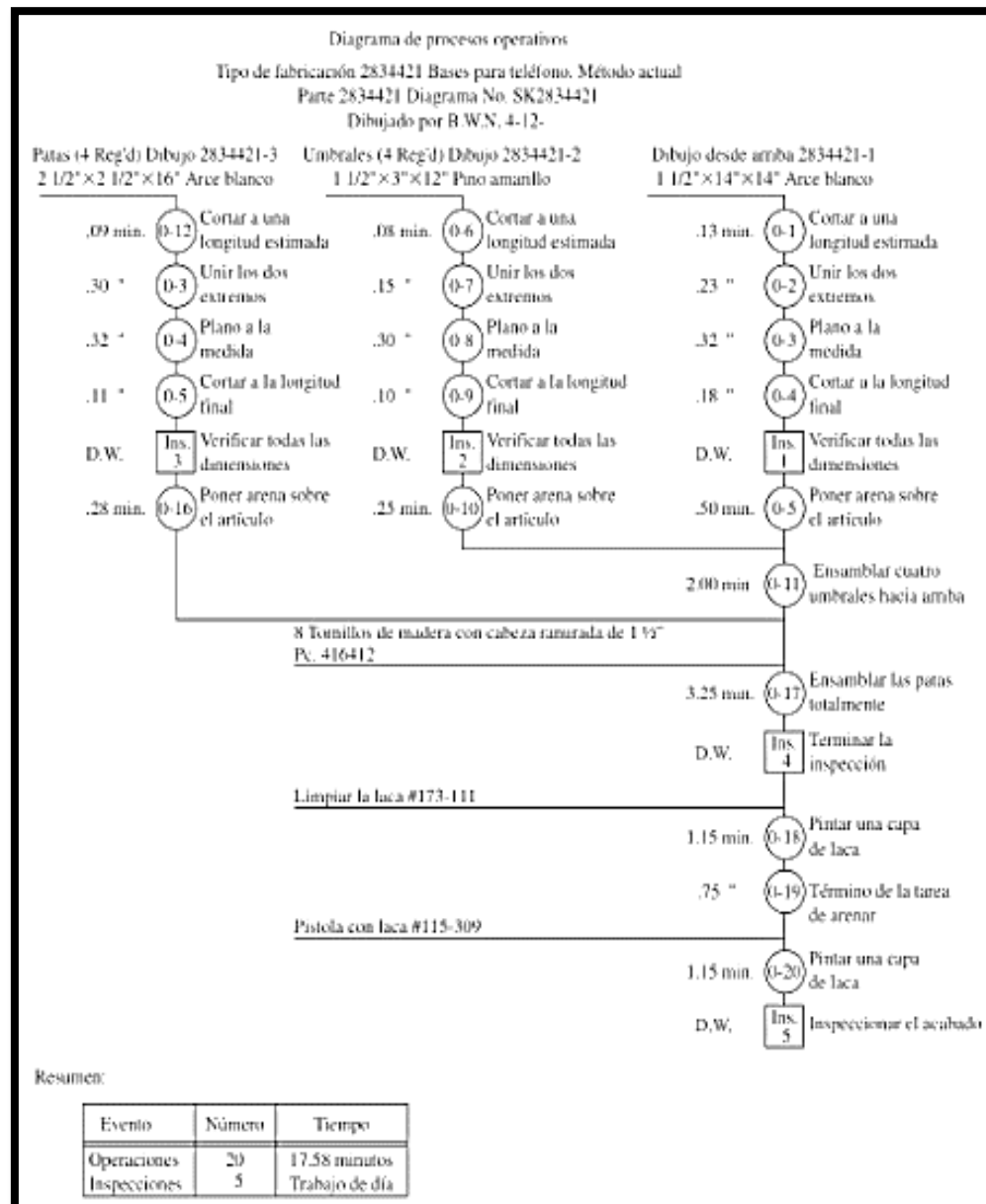
Se dividen en dos grupos: los diagramas mayores y los diagramas menores.

- **DIAGRAMAS MAYORES:** Son esquemas que representan las operaciones que se realizan en un proceso para realizar un análisis de la secuencia de pasos del proceso. Comprenden los siguientes diagramas: Diagrama de operaciones del proceso (DOP), Diagrama de Flujo del Proceso y Diagrama de Recorrido del proceso (DRP).

- **DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO-DOP**

El diagrama de operaciones del proceso es un esquema general del que solo muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones e inspecciones desde el inicio del proceso hasta la finalización de este. Además, indica los tiempos estándares y los materiales utilizados en el proceso estudiado. No incluye eventos de transporte, demoras y almacenamiento.

Figura 4. Diagrama de operaciones del proceso.



FUENTE: INGENIERÍA INDUSTRIAL de Niebel-2014.

○ DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO – DFP

También conocido como diagrama de análisis de proceso (DAP), el diagrama de flujo del proceso es un esquema más detallado del proceso es una representación gráfica del recorrido de los materiales a través de la secuencia cronológica de los eventos que conforman el proceso. En este diagrama se muestran los eventos de:












operaciones, inspecciones, transporte, almacenamiento y demora; lo que permite identificar las actividades que no agregan valor al proceso.

Figura 5. Diagrama de flujo del proceso (DFP).

Diagrama de flujo del proceso					Página 1 de 1			
Ubicación: Dorben Co.					Resumen			
Actividad: Inspección en campo de LER					Evento	Presente	Faltante	Atorno
Fecha: 4-17-97					Operación	7		
Operador: T. Smith Analista: R. Nuhl					Transporte	6		
Encuentre en un círculo el método y tipo apropiados Método: <input type="radio"/> Presente <input type="radio"/> Faltante Tipo: <input type="radio"/> Trabajador <input type="radio"/> Material <input type="radio"/> Máquina					Reparar	2		
					Inspección	6		
					Almacenamiento	0		
					Comentarios			
					Tiempo (min)	32.60		
					Distancia (pies)	375		
					Costo			
Descripción de los eventos	Símbolo				Tiempo (en minutos)	Distancia (en pies)	Recomendaciones al método	
Reparar del vehículo, salir hacia la puerta frontal, tocar el timbre.					1.00	75	Llamar a casa con anticipación para reducir la espera.	
Esperar, entrar a la casa.								
Caminar hacia el depósito en el campo.					.25	25		
Desconectar el depósito de la unidad.					.35			
Inspeccionar si hay abolladuras, rupturas en el revestimiento, vidrio roto o hardware faltante.					1.25		Esto puede hacerse mientras se camina de regreso al vehículo.	
Limpiar la unidad con un limpiador y desinfectante aprobado.					2.25		Esto puede hacerse de una manera más eficiente en el vehículo.	
Regresar al vehículo con el tanque vacío.					1.00	75		
Quitar el seguro del vehículo, colocar el tanque vacío en su base y conectar el hardware.					1.75			
Abrir la válvula; comenzar a llenar.					.25			
Esperar a que se llene el tanque.					12.00		Limpiar la unidad mientras se está llenando.	
Verificar que el humidificador funcione correctamente.					.5		Eliminar. No es necesario hacer esta dos veces.	
Verificar la presión (indicador).					.2			
Verificar el contenido del tanque (indicador).					.3			
Regresar con el paciente con el tanque lleno.					1.10	100		
Conectar al tanque lleno.					1.00			
Verificar que el humidificador funcione correctamente.					.75			
Esperar al paciente para retirar la cánula nasal o más cara facial.					2.00			
Instalar una nueva cánula nasal o máscara facial.					2.50			
Verificar los flujos del paciente.					2.25			
Colocar la etiqueta con la inspección inicial y la fecha.					1.00		Llevar a cabo esta tarea mientras la unidad se está llenando.	
Regresar al vehículo.					1.00	100		

FUENTE: INGENIERÍA INDUSTRIAL de Niebel-2014.

Figura 6. Símbolos de diagrama de flujo de proceso.

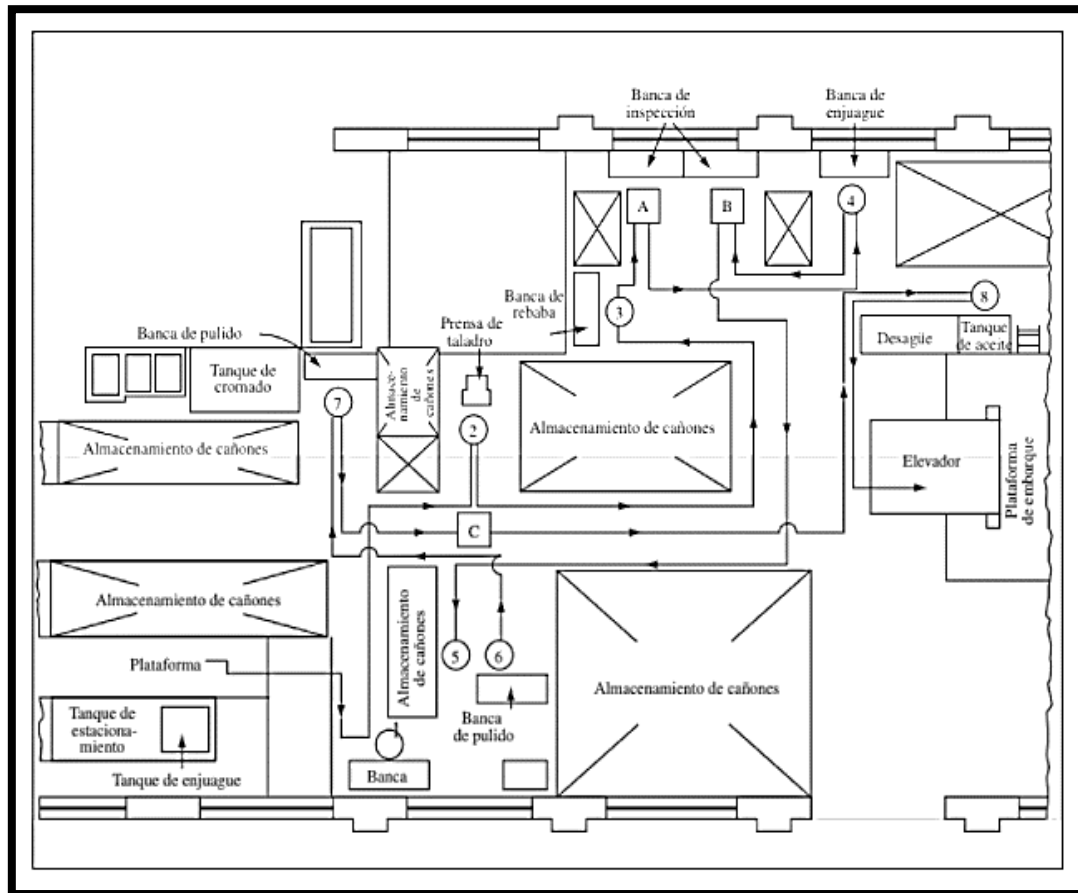
Operación  Un círculo grande indica una operación, como	 Clavar	 Mezclar	 Taladrar orificio
Transporte  Una flecha indica transporte, como	 Mover material mediante un carro	 Mover material mediante una banda transportadora	 Mover material transportándolo (mediante un mensajero)
Almacenamiento  Un triángulo representa almacenamiento, como	 Materia prima en algún almacenamiento masivo	 Producto terminado apilado sobre tarimas	 Archiveros para proteger documentación
Retrasos  Una letra D mayúscula indica un retraso, como	 Esperar un elevador	 Material en un camión o sobre el piso en una tarima esperando a ser procesado	 Documentos en espera a ser archivados
Inspección  Un cuadrado indica inspección, como	 Examinar material para ver si está bien en cuanto a cantidad y calidad	 Leer el medidor de vapor en el quemador	 Analizar las formas impresas para obtener información

FUENTE: INGENIERÍA INDUSTRIAL de Niebel-2014.

○ DIAGRAMA DE RECORRIDO DEL PROCESO – DRP

El diagrama de recorrido del proceso consiste en una representación gráfica a escala del movimiento de los materiales, trabajadores y equipos a través de los espacios físicos en los que se realiza el proceso. La secuencia cronológica de eventos se representa con los símbolos correspondientes unidos por una línea que recorre el proceso de inicio a fin. El análisis se realiza complementando la información del diagrama de recorrido del proceso con la información del diagrama de flujo del proceso, con el fin de evaluar la distribución de equipos y las distancias recorridas.

Figura 7. Diagrama de recorrido del proceso.



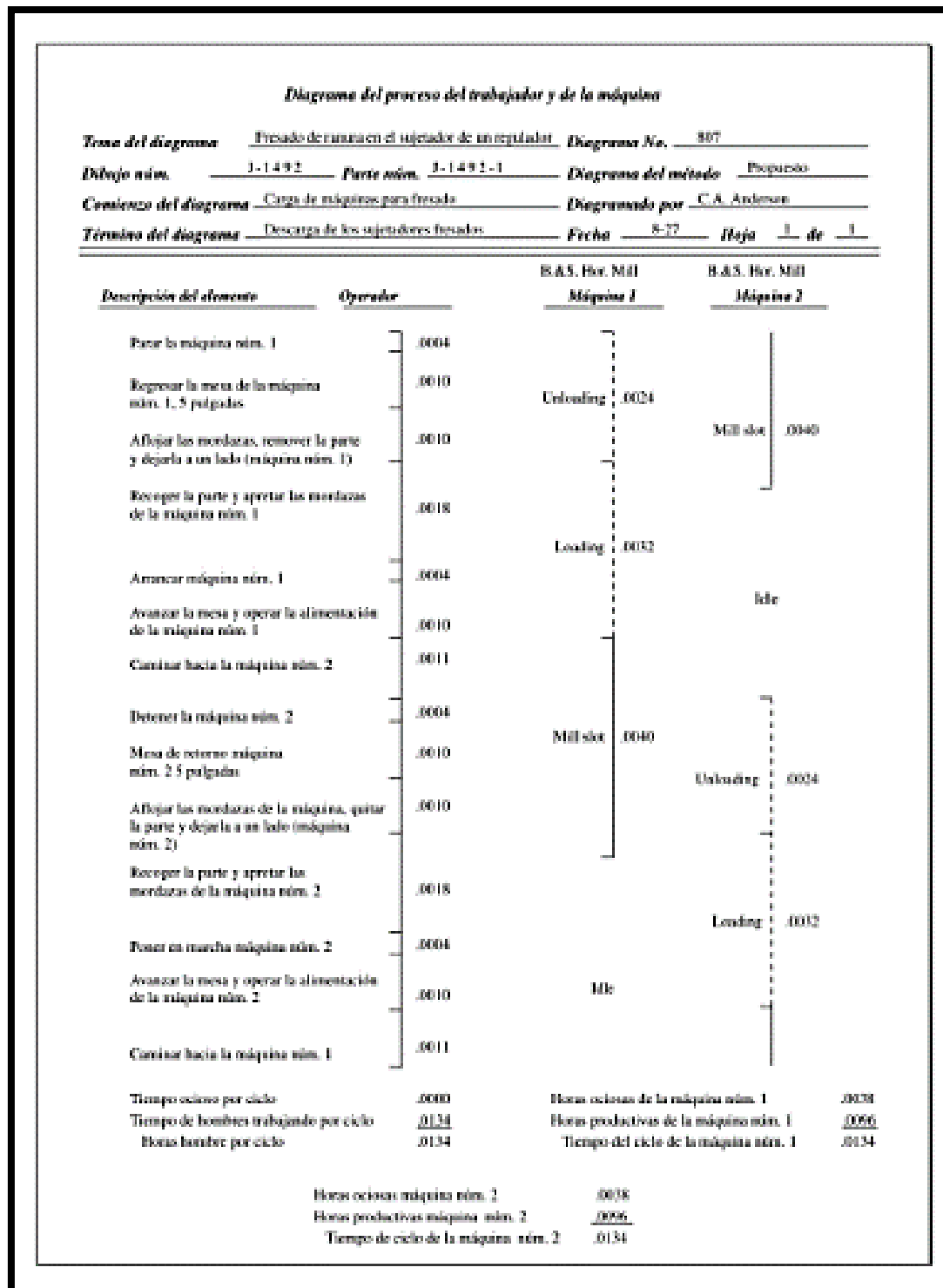
FUENTE: INGENIERÍA INDUSTRIAL de Niebel-2014.

- **DIAGRAMAS MENORES:** Son esquemas que representan la secuencia de pasos que realiza el operador y los equipos operaciones en una determinada tarea, operación o proceso. Comprenden los siguientes diagramas: Diagrama de Hombre - Máquina (DHM), Diagrama de Flujo del Proceso y Diagrama de procesos del Operador (DPO).

- **DIAGRAMA HOMBRE MÁQUINA - DHM**

También conocido como diagrama de actividades múltiples, es un esquema que muestra la interacción de actividades entre el operador y la máquina. En este esquema se pueden identificar los tiempos operativos e inoperativos existente en el proceso. Su análisis permite una mejor asignación del trabajo y de las máquinas para hacer más eficiente el proceso.

Figura 8.. Diagrama hombre-máquina.



FUENTE: Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil.

○ **DIAGRAMA DE PROCESO DEL OPERADOR – DPO**

También conocido como diagrama bimanual, es una representación de los movimientos realizados por las manos del operador (mano derecha y mano izquierda).

Figura 9. Diagrama de procesos del operador o diagrama bimanual.

FRED MEYERS Y ASOCIADOS		DIAGRAMA DE ACTIVIDAD	
<input type="checkbox"/> OPERADOR MÓVIL <input checked="" type="checkbox"/> MANO DEL OPERADOR DERECHA <input type="checkbox"/> MANO DEL OPERADOR IZQUIERDA <input type="checkbox"/> MÁQUINA		<input type="checkbox"/> LUNAFILA <input type="checkbox"/> OPERACIONES	
NÚMERO DE OPERACIÓN: 12 NÚMERO DE PIEZA: 2500 FECHA: 4-11-63 NOMBRE: Roger POR EL INGENIERO INDUSTRIAL: Mary Zander		DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: Ensamblar abrazadera del silenciador 2 a la vez	
ACTIVIDAD	Mano izquierda	TIEMPO EN MINUTOS	ACTIVIDAD
Obtener y colocar el perno en "U"		.05	Tomar y colocar el perno en "L"
Obtener y ensamblar la ménsula y 2 arandelas		.10	Tomar y ensamblar la ménsula y 2 arandelas
Obtener y ensamblar 2 tornillos, hacerlos girar 8 veces		.25	Tomar y ensamblar 2 tuercas, hacer girar 8 vueltas
Dejar a un lado unidad terminada		.30	Dejar a un lado la unidad completa
UTILIZACIÓN TOTAL: .34 % DE UTILIZACIÓN: 100		UTILIZACIÓN TOTAL: .30 % DE UTILIZACIÓN: 100	
TIEMPO ESTUDIO: CICLO CDSTO HORAS POR UNIDAD: .00312 DÓLARES POR HORA: \$7.50 DÓLARES POR UNIDAD: \$.023 DISPOSICIÓN FÍSICA Y PATRÓN DE MOVIMIENTOS EN PÁGINA SIGUIENTE		TIEMPO NORMAL TOTAL EN MINUTOS POR UNIDAD: .170 +10% DE TOLERANCIA: .017 TIEMPO ESTÁNDAR: .187 HORAS POR UNIDAD: .00312 PIEZAS POR HORA: 321	

FUENTE: Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil.

B. MEDICIÓN DEL TRABAJO

Flores (2016) indica que la medición del trabajo es un proceso técnico para determinar los tiempos estándares de la mano de obra. Donde se utilizan diferentes técnicas dependiendo el tipo de trabajo en estudio. Asimismo, Kiran (2020) menciona que la medición del trabajo es un procedimiento para medir el tiempo necesario para la ejecución de una o varias operaciones, donde los resultados obtenidos permiten evaluar, comparar, programar o planificar los trabajos en todo contexto industrial.

TÉCNICAS DE MEDICIÓN DEL TRABAJO

Conforme indica Flores (2016), dentro de las técnicas más importantes de medición del trabajo podemos mencionar a las tres más utilizadas son: Estudio de tiempos estándares, estándares de tiempos predeterminados, muestreo de trabajo u observaciones instantáneas. En la presente investigación solo desarrollaremos la teoría referente al estudio de tiempos estándares

ESTUDIO DE TIEMPOS ESTÁNDARES

Flores (2016) indica que es una técnica para determinar los tiempos normales de mano de obra, que un trabajador con desempeño promedio debe emplear en la realización de una determinada tarea en condiciones normales de trabajo. Adicionalmente el tiempo operativo obtenido se debe ajustar con la adición de los tiempos suplementarios.

COMPONENTES DE LOS TIEMPOS ESTÁNDARES

- a) TIEMPO OPERATIVO (T_o):** De acuerdo con Niebel, Freivalds (2014), es el tiempo necesario que requiere un trabajador para realizar una operación en condiciones normales de trabajo en un proceso productivo. También es conocido como tiempo Normal.
- b) TIEMPO SUPLEMENTARIO (T_{sp}):** De acuerdo con Niebel, Freivalds (2014), Es el tiempo necesario para compensar las necesidades la variación del rendimiento de los trabajadores en la realización de una operación debido a factores personales, fatiga o retrasos inevitables. (ver Anexo N°10 y 11)

PROCEDIMIENTO DE ESTUDIO DE TIEMPOS ESTÁNDARES

Tal como indica Flores (2016), La medición de tiempos estándares se realiza desarrollando cinco pasos, que se detallan a continuación:

- 1) Análisis de la actividad y división de tareas: Consiste en determinar la actividad en la que se ejecutará el estudio de tiempos y describirla, seguidamente dividir la actividad en tareas de una duración mayor a 5 segundos. Luego hacer la observación de las operaciones seleccionadas y registrar la toma de tiempos previos.
- 2) Selección del operario a cronometrar: Se debe elegir a un operario de desempeño promedio, esto favorecerá la realización de un estudio de tiempo más satisfactorio. Se debe considerar aspectos como el entrenamiento, la capacitación y el nivel de cooperación del operario seleccionado para realizar el estudio de tiempos.
- 3) Determinación de la cantidad de ciclos a cronometrar: Se dará según la precisión deseada y la variabilidad que se ha encontrado en las tomas de tiempo previas. Se calcula aplicando las siguientes formulas:

Desviación estándar de la muestra (S_i):

$$S_i = \left[\frac{\sum (X_i)^2 - \frac{\sum X_i^2}{m}}{(m-1)} \right]^{0.5}$$

Número de observaciones requeridas (S_i):

$$n_i = \left[\frac{Z \cdot S_i}{E \cdot \bar{X}_i} \right]^2$$

Dónde:

S_i : Desviación estándar para el elemento i

m: Número de observaciones preliminares

X_i : Tiempo registrado para el elemento i

n_i : Número de observaciones requeridas

Z: calificación para el nivel de confiabilidad

E: Error permisible

\bar{X}_i : Promedio de valores observados

- 4) Calcular el tiempo normal u operativo: Se realiza ejecutando primero el número de observaciones requeridas (n_i) y calificando en cada toma de tiempos el rendimiento del operario (R_i), para ello se utiliza la siguiente formula:

Tiempo Normal u Operativo (T_o):

$$T_o = \frac{[\sum(X_i \cdot R_i)]}{n_i}$$

Dónde:

T_o : Tiempo operativo o Tiempo normal

R_i : Rendimiento del operario

X_i : Tiempo registrado para el elemento i

n_i : Número de observaciones requeridas

- 5) Determinación del tiempo estándar (T_a): Se realiza calculando la suma del tiempo operativo, los tiempos frecuenciales, y los tiempos suplementarios de una determinada actividad. Se aplica la siguiente formula:

Tiempo estándar (T_a):

$$T_a = (T_o) * (1 + T_{sp})$$

Dónde:

T_a : Tiempo estándar

T_o : Tiempo operativo o Tiempo normal

T_{sp} : Tiempo suplementario

2.2.2. PRODUCTIVIDAD

Kiran (2020) indica que la productividad es la razón entre la salida de un determinado proceso y la entrada, donde de los recursos empleados en la producción de los productos se realiza con el uso óptimo de los activos económicos, materiales y de mano de obra. Asimismo, de acuerdo con Gutiérrez (2010) y Hernandez (2011), la productividad se define como el cociente de los resultados obtenidos en un proceso o sistema y los recursos empleados para este fin. Asimismo, el autor mencionado indica que la productividad está formada por dos componentes: la eficiencia y la eficacia.

$\text{PRODUCTIVIDAD} = \text{EFICIENCIA} * \text{EFICACIA}$
--

EFICIENCIA: Gutiérrez (2010) define la eficiencia como la relación entre los resultados obtenidos y los recursos utilizados. Asimismo, Hernandez (2011) indica que la eficiencia es el gestión correcta de los recursos para obtener un resultado. Por otra parte, Prokopenko (1989) indica que la medición de la eficiencia refleja la relación entre el grado de aprovechamiento de los recursos para la generación de un producto comparando con la capacidad total disponible del recurso. El autor también menciona que un buen denominador es el tiempo ya que es una medida universal.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Recursos utilizados}}{\text{recursos disponibles}} = \frac{\text{Tiempo utilizado}}{\text{Tiempo disponible}} = \frac{\text{H. H. utilizadas}}{\text{H. H. diaponibles}}$$

*H-H: Horas Hombre

EFICACIA : Gutiérrez (2010) define la eficacia como la relación el grado en el que se alcanza los resultados planificados. Además, Hernandez (2011) sostiene que la eficacia consiste en lograr resultados, sin tener en cuenta la cantidad de recursos ni los medios que se utilizaron para este fin. En cambio, Prokopenko (1989) indica que la eficacia compara los logros actuales con los logros planificados.

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{productos fabricados}}{\text{productos programados}}$$

PRODUCTIVIDAD FRENTE A PRODUCCIÓN

De acuerdo con Bain (1985) y Kiran (2020), la productividad no es una medida de la producción de una organización. Lo que mide la productividad es optimización en la gestión de los recursos dispuestos para cumplir con un resultado específico.

MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

De acuerdo con Mohanty y Rajput (1988) y Prokopenko (1989) existen numerosos modelos para medir la productividad en diferentes contextos. Sin embargo, los modelos que mejor representan la productividad a los procesos de manufactura son:

- **MODELO DE PRODUCTIVIDAD TOTAL DE FACTORES (PT):**

$$\text{Productividad total (Pt)} = \frac{\text{producto total}}{\text{insumo total}}$$

$$Pt = \frac{O_t}{T + C + M + Q}$$

Dónde:

O_P: Salidas totales (output)

T: factor trabajo

T: factor capital

M: factor materias primas

Q: factor otros bienes y servicios

- **MODELO DE PRODUCTIVIDAD PARCIAL DE FACTORES (PT):** Es el modelo más usado para medir la productividad laboral o de máquinas.

$$\text{Productividad parcial (Pp)} = \frac{\text{producto total}}{\text{insumo parcial}}$$

$$Pp = \frac{\text{producto}}{\text{insumo del esfuerzo del trabajador}}$$

III. METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

- **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

DISEÑO PREEXPERIMENTAL: De acuerdo con Carrasco (2013), el diseño preexperimental posee un grado de control mínimo, no cumple con los requerimientos de un experimento puro.

El diseño de investigación del presente proyecto de investigación es preexperimental, y su forma es Diseño de preprueba – posprueba con una sola medición. Donde se realiza la medición en un grupo (preprueba), se introduce un tratamiento “X”, y se vuelve realiza la medición en el mismo grupo (posprueba) con la finalidad de comparar su efecto el comportamiento de la variable dependiente antes y después. (Valderrama, 2017, p. 60).

GRUPO	PREPRUEBA	VARIABLE INDEPENDIENTE	POSPRUEBA
G	Y ₁	X	Y ₂

En la presente tesis se manipulará intencionalmente la variable independiente (Estudio del trabajo) para determinar su efecto en la variable dependiente (productividad).

- **TIPO DE INVESTIGACIÓN**

INVESTIGACIÓN APLICADA: Se basa en la descubrimiento y aportes teóricos, con la finalidad de aplicar el conocimiento teórico para generar procedimientos que controlen situaciones o procesos de una realidad concreta (Valderrama 2017).

El tipo de investigación del presente proyecto de investigación es APLICADA. Pues su objetivo es aplicar el conocimiento teórico sobre el estudio del trabajo en el proceso de esmerilado de piezas fundidas con la finalidad de aumentar su productividad por medio del estudio de métodos y medición.

- **NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

INVESTIGACIÓN EXPLICATIVA: De acuerdo con Valderrama (2017), la investigación explicativa tiene como objetivo descubrir la razón por la que ocurre un determinado fenómeno en una realidad determinada, así como las condiciones en las que se relacionan dos o más variables (causa-efecto). Por otra parte Carrasco (2013), se refiere a este tipo de nivel de investigación como investigación experimental, debido a que aplica métodos, técnicas o tratamientos para mejorar y corregir una situación problemática determinada. Asimismo, responde a las preguntas: ¿qué mejoras se han logrado?, ¿cuál es eficiencia del nuevo sistema?, etc.

La presente investigación es de nivel explicativa. Porque estudiará el efecto de aplicar una metodología (estudio del trabajo) para modificar una realidad problemática determinada (productividad) con el fin de mejorar un proceso de manufactura.

3.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

- **DEFINICIÓN CONCEPTUAL**

VARIABLE INDEPENDIENTE: ESTUDIO DEL TRABAJO

El estudio del trabajo es una disciplina de la Ingeniería Industrial que analiza y evalúa los sistemas de trabajo con el fin de incrementar la productividad de hombres, máquinas y materiales; para este fin se usan técnicas como el estudio de métodos y la medición del trabajo (Kiran 2020).

VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD

La productividad es la relación entre la salida de un determinado proceso y la entrada, donde de los recursos empleados en la producción de los productos se realiza con el uso óptimo de los activos económicos, materiales y de mano de obra (Kiran 2020).

- **DEFINICIÓN OPERACIONAL**

VARIABLE INDEPENDIENTE: ESTUDIO DEL TRABAJO

El estudio del trabajo es un conjunto de herramientas que permiten medir y optimizar la fuerza laboral determinando estándares de producción que permitan la eficiente planificación y control de las operaciones por medio de la aplicación del estudio de métodos y medición del trabajo (Flores 2016).

VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD

De acuerdo con Gutiérrez (2010) y Hernandez (2011), la productividad se define como el cociente de los resultados obtenidos en un proceso o sistema y los recursos empleados para este fin.

- **DIMENSIONES**

VARIABLE INDEPENDIENTE: ESTUDIO DEL TRABAJO

- a) ESTUDIO DE MÉTODOS: Kiran (2020) indica que el estudio de métodos se define como el registro sistemático y análisis crítico de las formas existentes y propuestas de hacer un trabajo, con el objetivo de desarrollar y aplicar métodos más fáciles y eficaces que reduzcan los costos.

$$\text{Indice de Actividades} = \frac{\text{Tiempo de actividades que agregan valor}}{\text{Tiempo del total de actividades}}$$

****La información se extraerá del diagrama de análisis de procesos (DAP).**

- b) **MEDICIÓN DEL TRABAJO:** Kiran (2020) menciona que la medición del trabajo es un procedimiento para medir el tiempo necesario para la ejecución de una o varias operaciones, donde los resultados obtenidos permiten evaluar, comparar, programar o planificar los trabajos en todo contexto industrial.

Tiempo estándar (T_a):

$$T_a = (T_o) * (1 + T_{sp})$$

Dónde:

T_a : Tiempo estándar

T_o : Tiempo operativo o Tiempo normal

T_{sp} : Tiempo suplementario

VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD

- a) **EFICIENCIA:** Gutiérrez (2010) define la eficiencia como la relación entre los resultados obtenidos y los recursos utilizados.

$$\text{Porcentaje de Eficiencia} = \frac{\text{H. H. utilizadas}}{\text{H. H. diaponibles}} \times 100\%$$

** H.H.: Horas-Hombre

- b) **EFICACIA:** Gutiérrez (2010) define la eficacia como la relación el grado en el que se alcanza los resultados planificados.

$$\text{Porcentaje de Eficacia} = \frac{\text{Toneladas producidas}}{\text{Toneladas programadas}} \times 100\%$$

Tabla 4. Matriz de operacionalización de variables. FUENTE: Elaboración propia.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	FÓRMULA	ESCALA
VARIABLE INDEPENDIENTE: ESTUDIO DEL TRABAJO	El estudio del trabajo es una disciplina de la Ingeniería Industrial que analiza y evalúa los sistemas de trabajo con el fin de incrementar la productividad de hombres, máquinas y materiales; para este fin se usan técnicas como el estudio de métodos y la medición del trabajo (Kiran 2020).	El estudio del trabajo es un conjunto de herramientas que permiten medir y optimizar la fuerza laboral determinando estándares de producción que permitan la eficiente planificación y control de las operaciones por medio de la aplicación del estudio de métodos y medición del trabajo (Flores 2016).	Estudio de métodos	Índice de actividades	Índice de Actividades = $\frac{\text{Tiempo de actividades que agregan valor}}{\text{Tiempo del total de actividades}}$	RAZÓN
			Medición del trabajo	Tiempo estándar	<p>Tiempo estándar (T_a):</p> $T_a = (T_o) * (1 + T_{sp})$ <p>Donde:</p> <p>T_a: Tiempo estándar</p> <p>T_o: Tiempo operativo o Tiempo normal</p> <p>T_{sp}: Tiempo suplementario</p>	RAZÓN
VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD	La productividad es la relación entre la salida de un determinado proceso y la entrada, donde los recursos empleados en la producción de los productos se realizan con el uso óptimo de los activos económicos, materiales y de mano de obra (Kiran 2020).	De acuerdo con Gutiérrez (2010) y Hernández (2011), la productividad se define como el cociente de los resultados obtenidos en un proceso o sistema y los recursos empleados para este fin.	Eficiencia	Porcentaje de eficiencia	<p>Porcentaje de Eficiencia = $\frac{\text{H. H. utilizadas}}{\text{H. H. disponibles}} \times 100\%$</p> <p>** H.H.: Horas-Hombre</p>	RAZÓN
			Eficacia	Porcentaje de eficacia	<p>Porcentaje de Eficacia = $\frac{\text{Toneladas producidas}}{\text{Toneladas programadas}} \times 100\%$</p>	RAZÓN

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA, MUESTREO Y UNIDAD DE ANÁLISIS

UNIDAD DE ANÁLISIS

De acuerdo con Molina (2013) se define como unidad de estudio al objeto sobre el cual se realiza una medición. Para la presente investigación, la unidad de estudio son las piezas producidas en el proceso donde se realizará la aplicación del Estudio de trabajo.

POBLACIÓN

Carrasco (2013), define el concepto de Población como el conjunto de todos los elementos o unidades de análisis que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación. Asimismo, Moya (2017) se refiere a este concepto como la compilación de todos los individuos, objetos u observaciones que poseen por los menos una particularidad en común.

La población en la investigación está representada por la producción diaria de las piezas, que serán analizadas en un periodo de 24 semanas.

MUESTRA

Carrasco (2013) indica que se define el concepto de Muestra como una parte o fragmento de la Población que posee las mismas características y propiedades, de tal forma que los resultados obtenidos en la muestra puedan generalizarse a todos los elementos de la Población en estudio. Por otra parte, Valderrama (2017) indica que la Muestra es un subconjunto representativo que refleja fielmente las características de la Población.

La muestra en el presente trabajo de investigación será igual a la población. La población en la investigación está representada por la producción diaria de las piezas, que serán analizadas en un periodo de 12 semanas para la etapa pretest y 12 semanas para la etapa post test.

MUESTREO

En el presente trabajo de investigación la muestra es igual a la población, por lo que se aplica Muestreo No Probabilístico.

- Criterios de inclusión: Producción diaria del turno mañana del proceso de esmerilado de piezas fundidas del área de acabado de una empresa de fundición.
- Criterios de exclusión: Producción diaria del turno nocturno del proceso de esmerilado de piezas fundidas del área de acabado de una empresa de fundición.

Por otra parte, se precisa que solo se realizará la aplicación de muestreo en la determinación del número de observaciones preliminares como parte del desarrollo de la medición del trabajo en la etapa pre test y post test.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN

En el desarrollo de la presente investigación se recopilaron los datos utilizando la técnica de Observación Directa, esta técnica es un proceso sistemático de obtención, recopilación y registro de datos de un objeto, suceso o conducta con el propósito de procesarlo y convertirlo en información (Carrasco 2013).

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN

De esta forma, el instrumento utilizado para el registro de la información en el desarrollo de la presente investigación son las fichas de observación. Conforme con Carrasco (2013) este tipo de instrumento se emplea para registrar datos que se generan como resultado del contacto directo entre el observador y la realidad que se observa. Para las fichas de observación se utilizarán los formatos descritos en los Anexos N°11 y 12.

VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

- **VALIDEZ DE CONTENIDO**

Según Carrasco (2013) la validez de contenido es la evaluación del instrumento de investigación respecto a su coherencia. Es decir, permite para conocer si el instrumento de investigación considera todos los temas y subtemas que comprenden la variable en estudio. Para aplicar la validez de contenido de la presente investigación, se realizó el juicio de expertos. El equipo de expertos está integrado por tres profesores de la facultad de Ingeniería Industrial, con grado Magísteres de la Universidad Cesar Vallejo. (ver Anexos N°06,07 y 08).

- **CONFIABILIDAD**

De acuerdo con Valderrama (2017) la confiabilidad de un instrumento es la propiedad de obtener resultados consistentes cuando se aplica en diferentes oportunidades. En la presente investigación basa su confiabilidad en la fuente de información, que en este caso es el software del sistema de control de procesos de la empresa donde se realizó la investigación del cual se extrajo los datos analizados tanto para la etapa de pre-test y post-test.

- **ANÁLISIS DESCRIPTIVO**

De acuerdo con Valderrama (2017) en el análisis descriptivo, se parte de los datos registrados en las base de datos, la que será procesada por medio de softwares estadísticos para la posterior interpretación de los parámetros de medidas de tendencia central, variabilidad, asimetría y curtosis.

- **ANÁLISIS INFERENCIAL**

De acuerdo con Valderrama (2017) en el análisis inferencial, se prueban las hipótesis de investigación, los datos registrados en las base de datos es procesada por medio de softwares estadísticos. Con la utilización pruebas paramétricas o no paramétricas se determina la aceptación o rechazo de cada una de las hipótesis.

3.5. PROCEDIMIENTOS

Se realizó la presente investigación en una empresa que fabrica piezas fundidas en hierros y aceros especiales para componentes de máquinas de la industria minera. Está ubicada a aproximadamente 3.5 Km de la carretera Panamericana Sur en el distrito de Chilca, en la provincia de Cañete a 62 Kilómetros de Lima metropolitana.

Figura 10. Planta de fundición de piezas de hierro y acero.



FUENTE: Archivos de internos de la empresa.

La empresa en mención es netamente de capital peruano e inició sus operaciones el 24/06/2013, siendo una de la empresa pioneras de instalarse en la zona industrial de Chilca. Su Planta de producción cuenta con un área de 144 000 m² y se ha equipado con equipos de la más alta tecnología que permiten que se produzcan piezas con un peso unitario de 18 toneladas y además alcanzar una producción bruta de 15 000 toneladas anuales de piezas fundidas.

Figura 11. Proceso de fundición de acero.



FUENTE: página web de la empresa.

VISIÓN, MISIÓN Y VALORES DE LA EMPRESA DE FUNDICIÓN

Visión:

"Convertirnos en el principal socio estratégico del Perú y de Sudamérica en la producción de piezas fundidas para la industria minera".

Misión:

"Nuestra prioridad es fabricar piezas de máxima calidad en el menor plazo de entrega, trabajando con tecnología de punta y creamos valor con cada artículo que producimos".

Valores:

- 1) Compromiso
- 2) Calidad
- 3) Responsabilidad
- 4) Trabajo en equipo

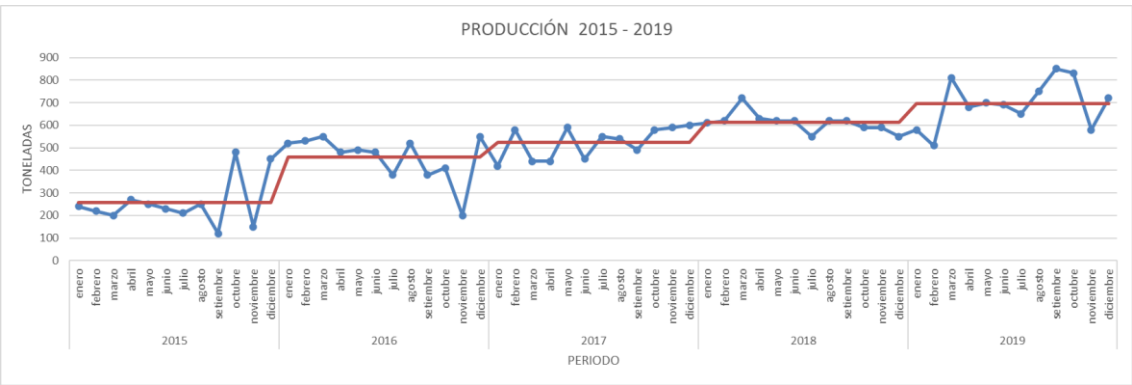
Figura 12. Vista de información de página web de la empresa.



FUENTE: página web de la empresa.

Asimismo, la empresa ha logrado consolidar alianzas estratégicas con dos de las principales OEM (Original Equipment Manufacturer) “Fabricantes de Equipamientos Originales” que suministran los componentes de repuesto para máquinas y equipos a las compañías mineras nacionales más representativas. Así como, también ha logrado posicionarse en el mercado nacional por la calidad de sus productos, desarrollando aleaciones que ofrecen un rendimiento superior a los productos de nuestros competidores nacionales y extranjeros, Lo que le ha permitido tener un incremento de producción anual progresivo durante estos últimos cinco años.

Figura 13. Producción desde el 2015 al 2019.



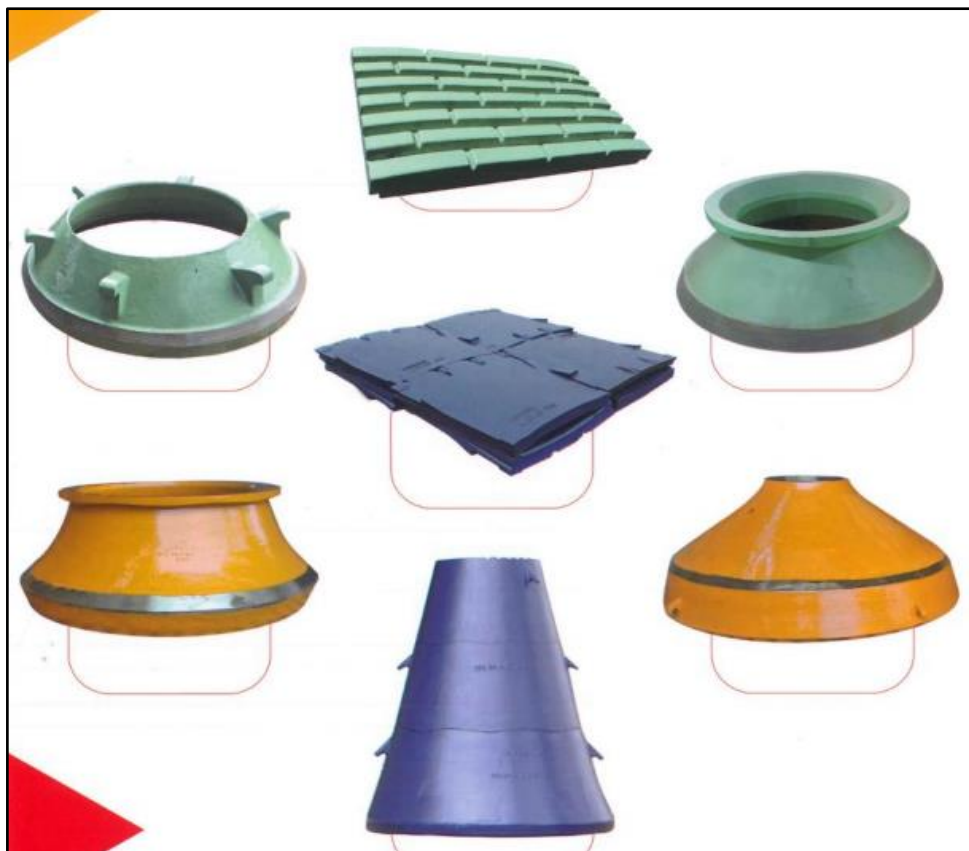
FUENTE: Elaboración propia.

Por otra parte, le empresa en mención donde se realizó la investigación se ha especializado en la fabricación de componentes en aleaciones de acero al manganeso, siendo su principal producto las zapatas de oruga y conos de chancadoras elaborados en esta aleación.

PRINCIPALES PRODUCTOS

- Zapatas de Orugas para Palas y Perforadoras
- Ruedas Dentadas y Polines para Orugas de Palas y Perforadoras
- Forros de Molinos Semi-Autógenos (S.A.G.)
- Forros de Chancadoras Giratorias
- Forros de Chancadoras de Quijadas
- Forros y Martillos de Chancadoras de Martillos

Figura 14. Principales productos fabricados.



FUENTE: página web de la empresa.

Figura 15. Principales productos fabricados.



FUENTE: página web de la empresa.

Figura 16. Principales productos fabricados.



FUENTE: página web de la empresa.

PRINCIPALES CLIENTES

- FLSMITH (PERÚ, CHILE, MÉXICO, EE.UU.)
- JOY GLOBAL-KOMATZU (PERÚ, CHILE, MÉXICO, EE.UU.)
- MESTO (PERÚ, CHILE)
- EMPRESAS MINERAS NACIONALES

Figura 17. Principales clientes.



FUENTE: Archivos internos de la empresa.

PRINCIPALES COMPETIDORES

- METALURGICA PERUANA S.A.: 14,400 tm/año
- FUNDICIÓN VENTANILL S.A.: 9,600 tm/año
- FUNDICIÓN CALLAO S.A.: 6,000 tm/año

Figura 18. Principales competidores.



FUENTE: Bolsa de valores de Lima.

ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA.

El organigrama de la empresa muestra la jerarquía de puestos clave dentro de la empresa encabezado por el Gerente General. Por debajo en la cadena de mando encontramos cuatro gerencias:

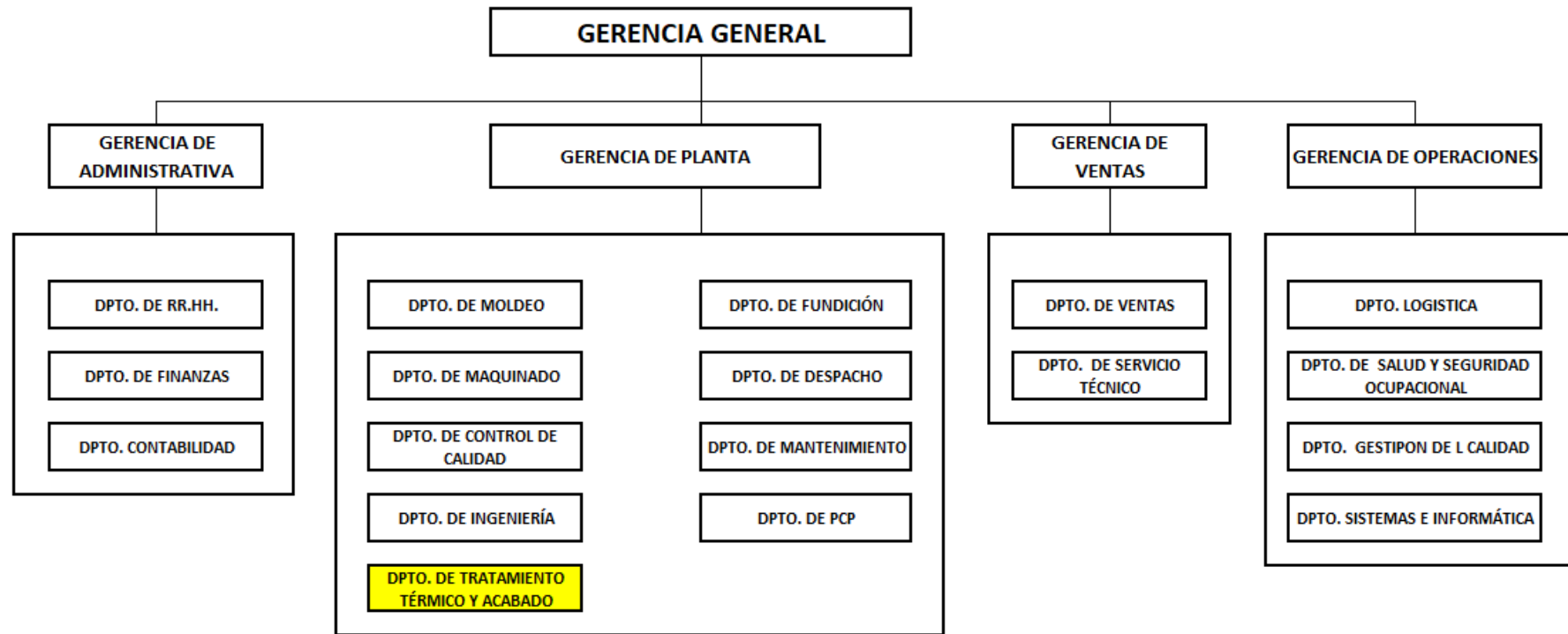
La Gerencia de Ventas: Que se encarga de la captación de órdenes de producción, proyecciones de demanda de productos, asistencia técnica a los clientes y levantamiento de información para el diseño de nuevos productos.

La Gerencia de Administración y Finanzas: Que es encargado de la gestión financiera de la empresa; pago a proveedores, cobros a clientes y presentación de balances financieros.

La Gerencia de Operaciones está encargada de dirigir la gestión de los sistemas de Gestión de la Calidad y Seguridad Industrial. También realiza la gestión de abastecimiento de materia prima, equipos y herramientas para el correcto desempeño de los procesos en Planta. Asimismo,

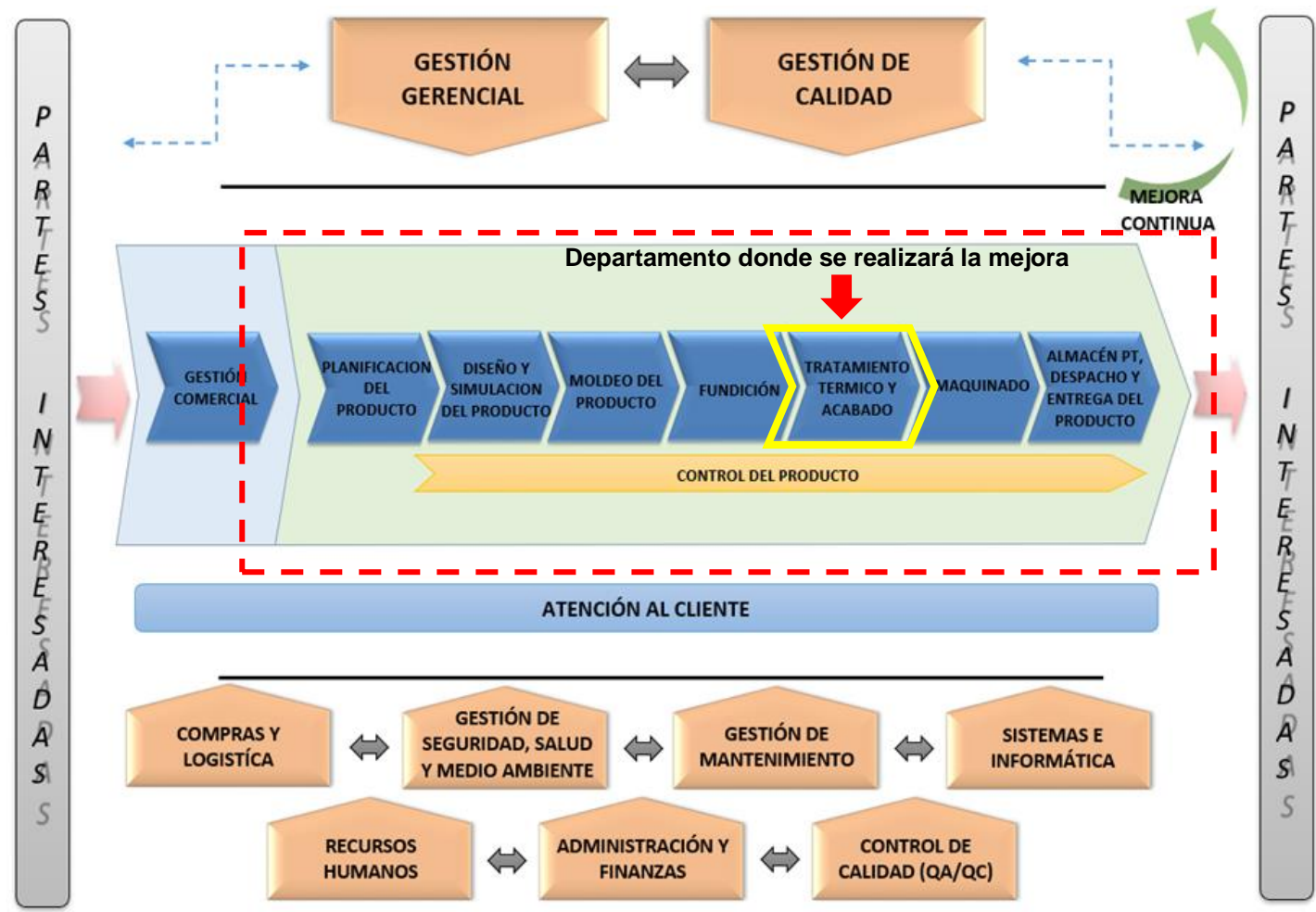
La Gerencia de Planta: Es responsable gestionar del planeamiento, ejecución y control de los procesos productivos para la ejecución de los programas de producción. Asimismo. Se encarga de establecer los lineamientos técnicos para la mejora de procesos y desarrollo de productos.

Figura 19. Organigrama de la empresa.



FUENTE: Elaboración propia.

Figura 20. Mapa de procesos de la empresa.



FUENTE: Archivos internos de empresa.

El departamento de la empresa en donde se realizará la presente investigación es el área de acabado de piezas fundidas, en la que se realiza desbaste o esmerilado de piezas fundidas.

El departamento de acabado tiene la función de garantizar el correcto acabado superficial de las piezas fundidas a través de operaciones de desbaste que permitan que los componentes cumplan con las dimensiones de se especifican en los planos de los clientes, de tal manera que estos puedan instalarse sin dificultades en las maquinas a las que corresponden.

Por otra parte, el acabado de las piezas fundidas es una operación se realiza a través del uso de abrasivos y herramientas manuales que desbastan o esmerilan la superficie de las piezas para remover todo aquel material que no pertenezca a la geometría final del componente.

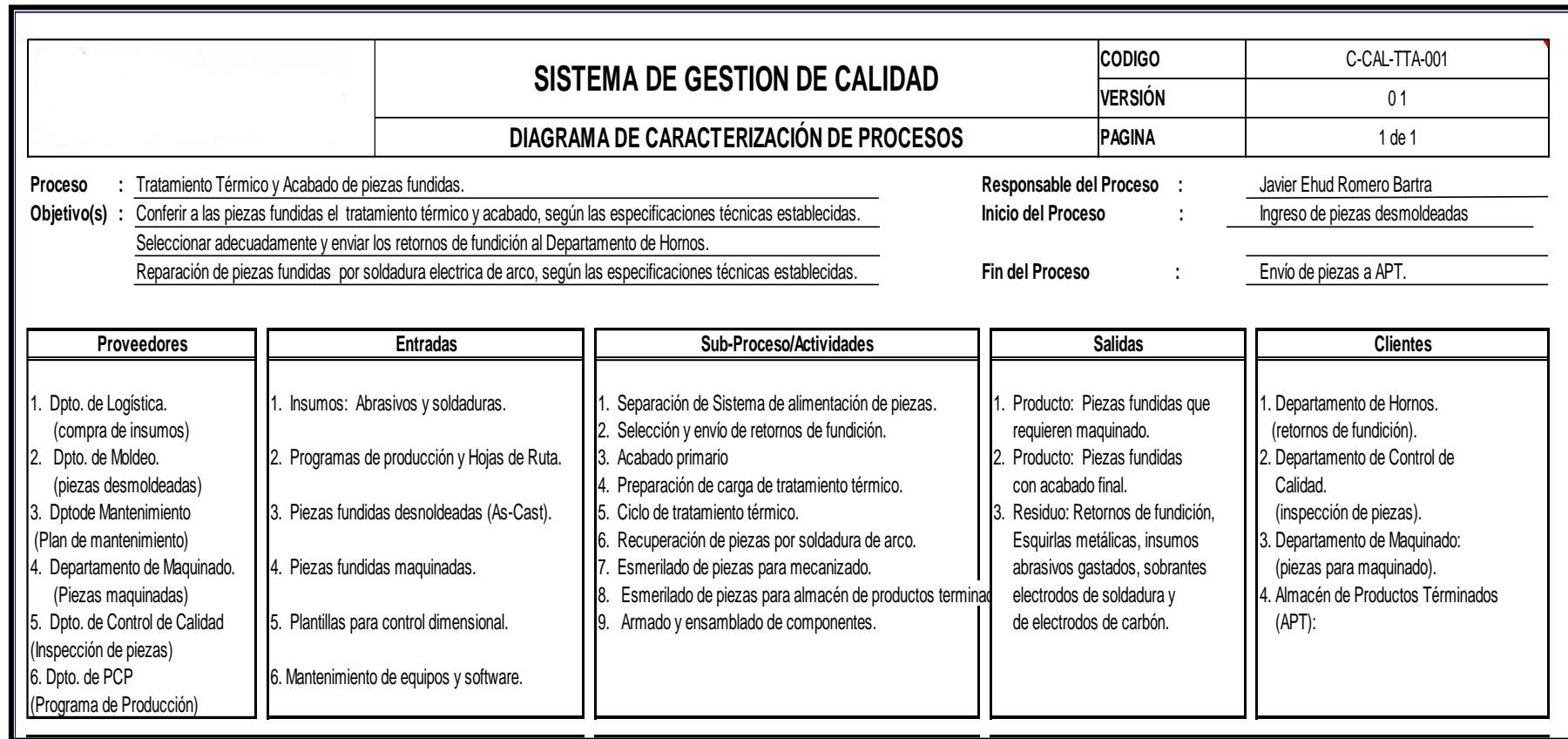
Los principales proveedores internos del departamento de acabado son el área de Moldeo y el área de Mecanizado, y sus principales clientes internos son el área de Mecanizado y el área de embalaje.

Figura 21. Esmerilado de piezas fundidas.



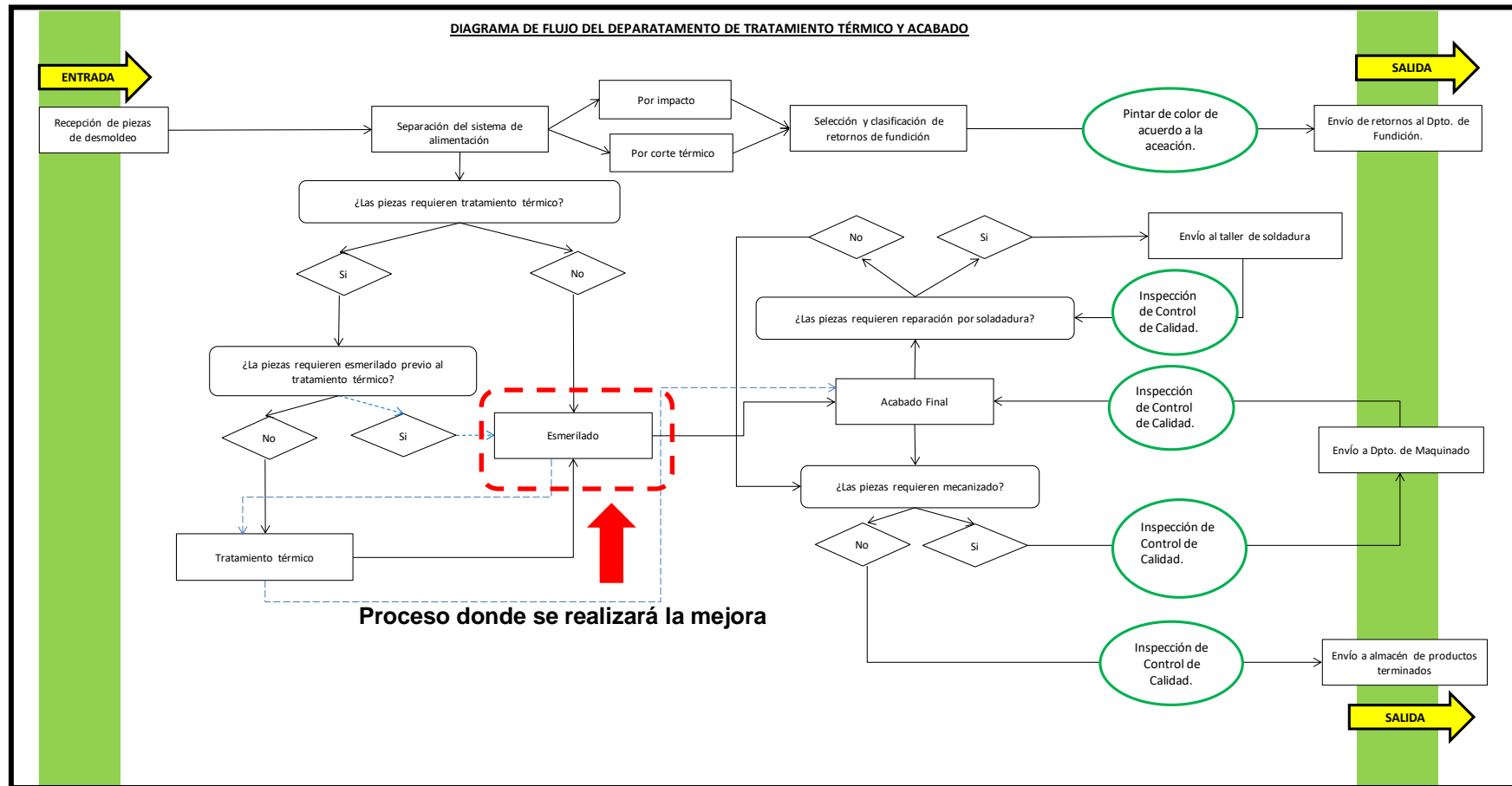
FUENTE: página web de la empresa.

Figura 22. Diagrama SIPOC de proceso de área de acabado.



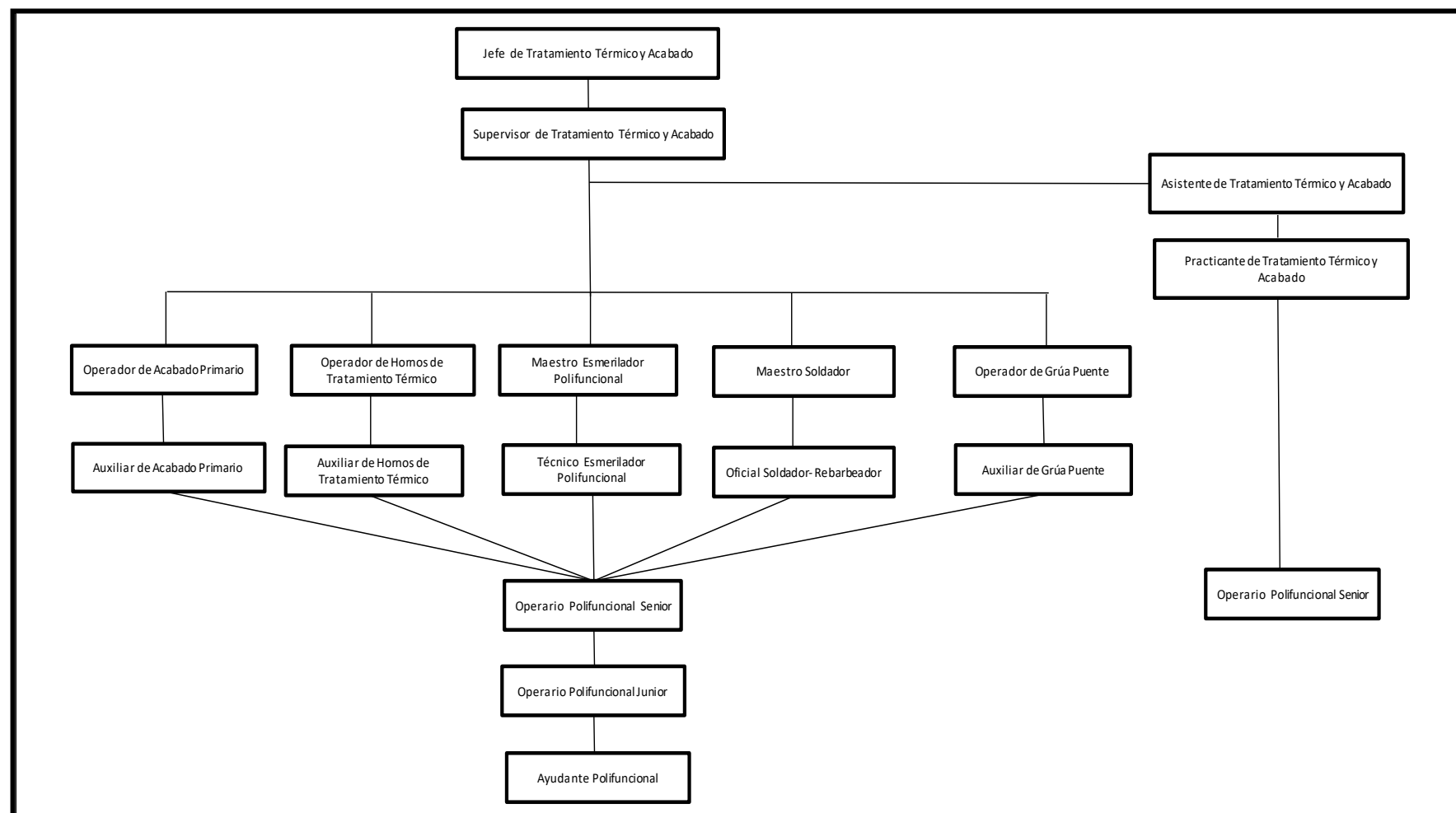
FUENTE: Elaboración propia.

Figura 23. Flujo grama de procesos.



FUENTE: Elaboración propia.

Figura 24. Organigrama de área de acabado.



FUENTE: Elaboración propia.

Figura 25. Piezas fundidas listas para despacho al cliente.



FUENTE: página web de la empresa.

La empresa de Fundición en la que se realizó la investigación tiene una capacidad instalada de producción de 850Tm/mes de piezas fundidas, aproximadamente el 85% de su producción se fabrica en aleaciones de acero al manganeso, el 6% en aleaciones de acero Cr-M%, 6% en aleaciones de Hierro blanco de alto Cr y el 3% aceros al carbono. Durante los últimos cuatro ha incrementa su producción alcanzando en el año 2018 una producción promedio de 610 Tm, en el año 2019 una producción promedio de 700 Tm y durante el año 2020 tiene como objetivo alcanzar una producción promedio de 750 Tm mensuales.

En el proceso de esmerilado de piezas fundidas se pueden identificar oportunidades de mejora en la disminución de tiempos de operación, disminución de tiempos de espera, reducción de defectos de fundición, que permitan tener mayor productividad.

Conforme se detalla en el capítulo I de la presente investigación, se determinó que el problema en estudio es la baja productividad en el proceso de esmerilado de piezas. Asimismo, se determinó también que la solución al problema mencionado es la aplicación del estudio del trabajo en el proceso de esmerilado.

Asimismo, se muestra a continuación los indicadores en el proceso de esmerilado de piezas fundidas, con las metas actuales y los objetivos esperados resultantes de la implementación del estudio del trabajo.

Tabla 5. Indicadores y objetivos esperados de la aplicación del estudio del trabajo.

INDICADOR	UNIDADES	FRECUENCIA	META ACTUAL	OBJETIVO	
Tonelaje producido	Tm	mensual	750	Incrementar	≥ 750
Mano de obra	Horas Hombre	mensual	1500	Reducir	≤ 1200

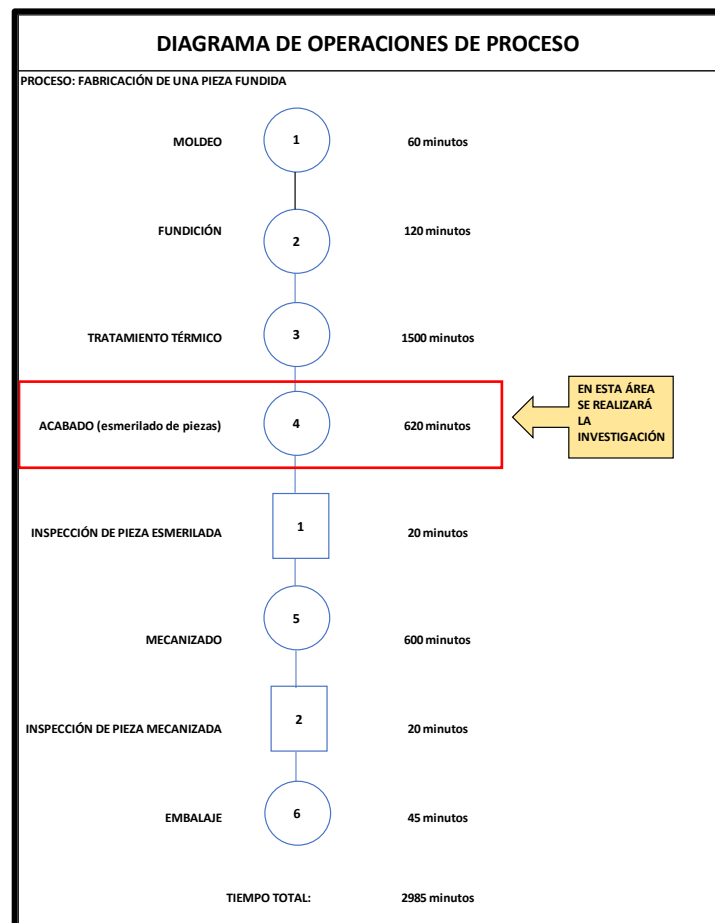
FUENTE: Elaboración propia.

APLICACIÓN DEL ESTUDIO DEL TRABAJO EN EL PROCESO DE ESMERILADO DE PIEZAS FUNDIDAS

ESTUDIO DE MÉTODOS

- 1) Identificación de las operaciones del proceso y selección de la actividad a estudiar.

Figura 26. DOP del proceso de fabricación de una pieza fundida.





































FUENTE: Elaboración propia.

- 2) Análisis de las actividades críticas.

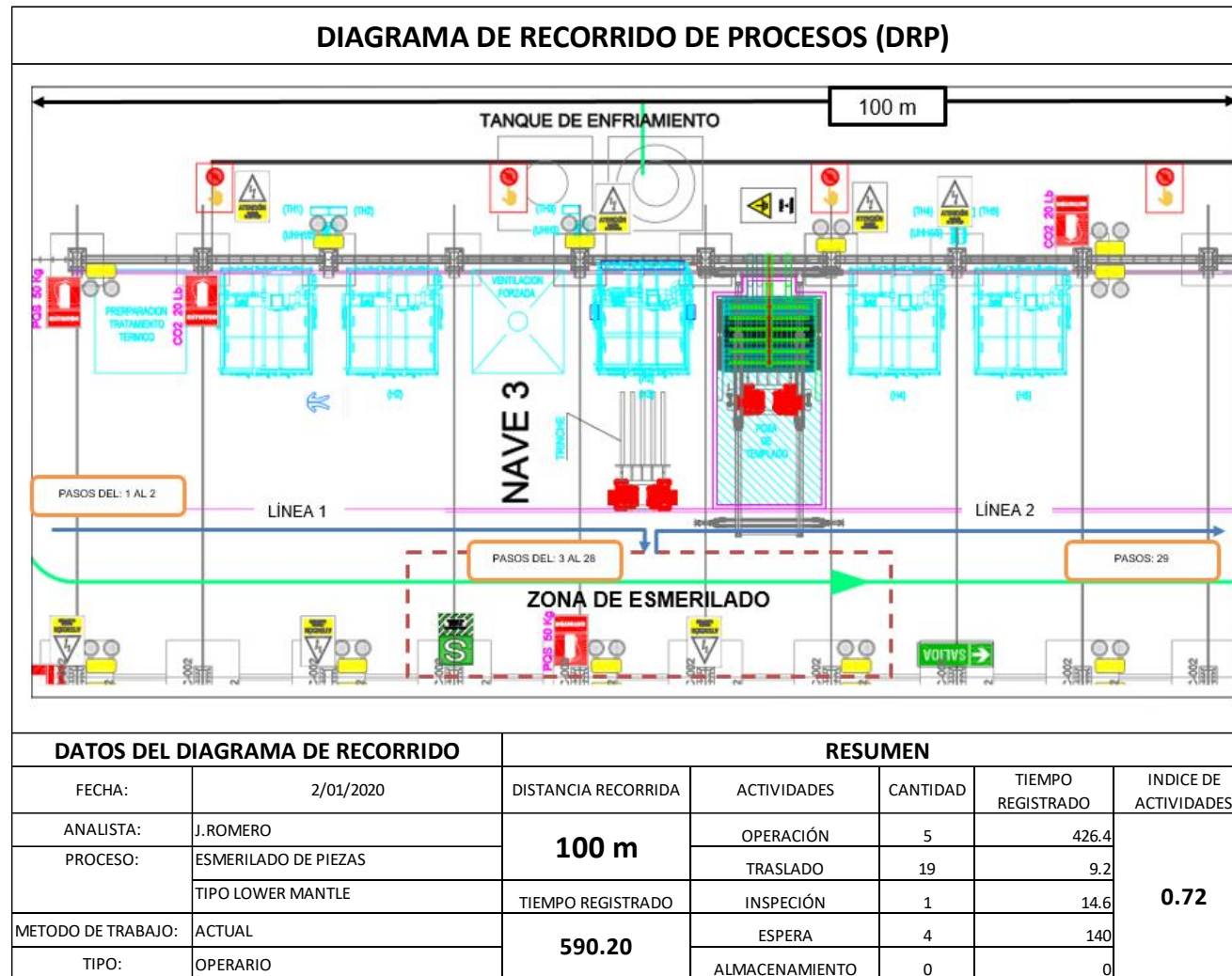
Se realizó el análisis del proceso de esmerilado usando los diagramas de recorrido de proceso (DRP) y de flujo de proceso (DFP o DAP)

Figura 27. DAP del proceso de esmerilado de piezas fundidas con el método inicial.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO (DFP)										
(TAMBIÉN CONOCIDO COMO DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESOS-DAP)										
DATOS DEL DIAGRAMA DE FLUJO				RESUMEN						
FECHA:		2/01/2020		DISTANCIA RECORRIDA		ACTIVIDADES		CANTIDAD	TIEMPO REGISTRADO	INDICE DE ACTIVIDADES
ANALISTA:		J.ROMERO		100 m		OPERACIÓN		5	426.4	0.72
PROCESO:		ESMERILADO DE PIEZAS				TRASLADO		19	9.2	
		TIPO LOWER MANTLE				INSPECCIÓN		1	14.6	
METODO DE TRABAJO:		ACTUAL		590.20		ESPERA		4	140	
TIPO:		OPERARIO				ALMACENAMIENTO		0	0	
DETALLES DEL PROCESO				OPERACIÓN	TRASLADO	INSPECCIÓN	ESPERA	ALMACENAMIENTO	TIEMPO REGISTRADO	DISTANCIA RECORRIDA EN METROS
PASOS	ACTIVIDADES									
01	Girar pieza con grúa puente								13	50 m
02	Trasladar pieza con grúa hacia esmeril colgante								05	
03	Colocar pieza en estación de esmerilado								05	
04	Traer plataforma para esmerilado de piezas								05	
05	Colocar plataforma para esmerilado de piezas								04	
06	Posicionar esmeril colgante sobre la pieza								05	
07	esmerilar alimentador de la pieza (1)								77	
08	solicitar grúa para cambiar posición de la pieza								05	
09	sacar plataforma para esmerilado de piezas								05	
10	Girar pieza con grúa puente								08	
11	Colocar plataforma para esmerilado de piezas								04	
12	esmerilar alimentador de la pieza (2)								80	
13	solicitar grúa para cambiar posición de la pieza								05	
14	sacar plataforma para esmerilado de piezas								05	
15	Girar pieza con grúa puente								15	
16	Colocar plataforma para esmerilado de piezas								04	
17	esmerilar alimentador de la pieza (3)								78	
18	solicitar grúa para cambiar posición de la pieza								05	
19	sacar plataforma para esmerilado de piezas								05	
20	Girar pieza con grúa puente								15	
21	Colocar plataforma para esmerilado de piezas								05	
22	esmerilar alimentador de la pieza (4)								76	
23	solicitar grúa para cambiar posición de la pieza								04	
24	sacar plataforma para esmerilado de piezas								04	
25	voltear pieza con grúa puente								14	
26	Colocar plataforma para esmerilado de piezas								04	
27	Realizar esmerilado con plantilla								115	
28	Inspección dimensional								15	
29	traslado a área de mecanizado								04	50 m

FUENTE: Elaboración propia.

Figura 28. DRP del proceso de esmerilado de piezas fundidas con el método inicial.



FUENTE: Elaboración propia.

ESTUDIO DE TIEMPOS ESTÁNDARES DEL MÉTODO ACTUAL

- **Análisis de la actividad y división de tareas:**

Tabla 6. Actividades de proceso de esmerilado de piezas fundidas con el método inicial.

ESMERILADO DE PIEZAS FUNDIDAS	
PASOS	MÉTODO ACTUAL
01	Girar pieza con grúa puente
02	Trasladar pieza con grúa hacia esmeril colgante
03	Colocar pieza en estación de esmerilado
04	Traer plataforma para esmerilado de piezas
05	Colocar plataforma para esmerilado de piezas
06	Posicionar esmeril colgante sobre la pieza
07	esmerilar alimentador de la pieza (1)
08	solicitar grúa para cambiar posición de la pieza
09	sacar plataforma para esmerilado de piezas
10	Girar pieza con grúa puente
11	Colocar plataforma para esmerilado de piezas
12	esmerilar alimentador de la pieza (2)
13	solicitar grúa para cambiar posición de la pieza
14	sacar plataforma para esmerilado de piezas
15	Girar pieza con grúa puente
16	Colocar plataforma para esmerilado de piezas
17	esmerilar alimentador de la pieza (3)
18	solicitar grúa para cambiar posición de la pieza
19	sacar plataforma para esmerilado de piezas
20	Girar pieza con grúa puente
21	Colocar plataforma para esmerilado de piezas
22	esmerilar alimentador de la pieza (4)
23	solicitar grúa para cambiar posición de la pieza
24	sacar plataforma para esmerilado de piezas
25	voltear pieza con grúa puente
26	Colocar plataforma para esmerilado de piezas
27	Realizar esmerilado con plantilla
28	Inspección dimensional
29	traslado a área de mecanizado

FUENTE: Elaboración propia.

Figura 29. Método inicial de esmerilado de piezas fundidas.



FUENTE: Elaboración propia.

- Selección del operario a cronometrar:

Se seleccionó a 02 operarios esmeriladores que demuestran poseer la habilidad, experiencia, cooperación y consistencia de trabajo. Los que fueron calificados con el sistema Westing House de calificación de operadores (ver anexo 9.)

Figura 30. Operarios seleccionados para ejecutar el estudio de tiempos.

OPERARIO QUE REALIZA LA ACTIVIDAD	E. GUTIERREZ	OPERARIO QUE REALIZA LA ACTIVIDAD	J. CASHU
CALIFICACIÓN DEL OPERARIO	1.06	CALIFICACIÓN DEL OPERARIO	1.08
HABILIDADES	+0.08	HABILIDADES	+0.08
ESFUERZO	0.00	ESFUERZO	+0.02
CONDICIONES	0.00	CONDICIONES	0.00
CONSISTENCIA	-0.02	CONSISTENCIA	-0.02

FUENTE: Elaboración propia.

- Determinación del número de ciclos a cronometrar y tiempo operativo:
Se realizó una toma de tiempos preliminar con 05 registros.

Tabla 7. Registro de toma de tiempos preliminares en proceso de esmerilado de piezas fundidas con método inicial.

REGISTRO DE TOMA DE TIEMPOS						
PROCESO: ESMERILADO DE PIEZAS FUNDIDAS			ANALISTA: J. ROMERO			
FECHA DE EJECUCIÓN DEL ESTUDIO DE TIEMPO		2/01/2020	3/01/2020	4/01/2020	6/01/2020	7/01/2020
OPERARIO QUE REALIZA LA ACTIVIDAD		E. GUTIERREZ	J. CASHU	E. GUTIERREZ	J. CASHU	E. GUTIERREZ
TOMA DE TIEMPOS N°		1	2	3	4	5
PASOS	TAREAS DEL PROCESO	TO	TO	TO	TO	TO
01	Girar pieza con grúa puente	00:15:10	00:13:19	00:12:13	00:14:21	00:12:09
02	Trasladar pieza con grúa hacia esmeril colgante	00:20:18	00:17:26	00:16:18	00:18:29	00:18:18
03	Colocar pieza en estación de esmerilado	00:25:14	00:21:06	00:21:18	00:23:06	00:24:13
04	Traer plataforma para esmerilado de piezas	00:30:12	00:25:04	00:26:14	00:28:14	00:29:21
05	Colocar plataforma para esmerilado de piezas	00:33:26	00:29:09	00:31:12	00:32:08	00:33:19
06	Posicionar esmeril colgante sobre la pieza	00:38:05	00:33:17	00:36:16	00:37:13	00:38:06
07	esmerilar alimentador de la pieza (1)	02:00:35	01:57:03	01:51:12	01:50:04	01:54:22
08	solicitar grúa para cambiar posición de la pieza	02:05:16	02:02:09	01:56:07	01:55:10	02:00:30
09	sacar plataforma para esmerilado de piezas	02:10:04	02:07:02	02:01:08	02:05:04	02:05:40
10	Girar pieza con grúa puente	02:18:38	02:14:03	02:09:15	02:08:07	02:14:10
11	Colocar plataforma para esmerilado de piezas	02:21:19	02:18:19	02:14:13	02:12:21	02:18:09
12	esmerilar alimentador de la pieza (2)	03:41:10	03:44:26	03:32:18	03:37:29	03:36:18
13	solicitar grúa para cambiar posición de la pieza	03:46:18	03:49:06	03:37:18	03:42:06	03:42:13
14	sacar plataforma para esmerilado de piezas	03:51:14	03:54:04	03:42:14	03:47:14	03:48:21
15	Girar pieza con grúa puente	04:06:12	04:09:09	03:58:12	04:02:08	04:04:19
16	Colocar plataforma para esmerilado de piezas	04:09:05	04:13:17	04:03:16	04:06:13	04:08:06
17	esmerilar alimentador de la pieza (3)	05:27:11	05:36:10	05:18:30	05:24:11	05:24:14
18	solicitar grúa para cambiar posición de la pieza	05:32:06	05:41:11	05:23:47	05:29:29	05:30:32
19	sacar plataforma para esmerilado de piezas	05:37:17	05:46:09	05:28:07	05:34:10	05:36:30
20	Girar pieza con grúa puente	05:52:04	06:02:04	05:42:08	05:49:04	05:50:40
21	Colocar plataforma para esmerilado de piezas	05:57:38	06:07:03	05:47:15	05:54:07	05:55:10
22	esmerilar alimentador de la pieza (4)	07:17:19	07:28:19	07:02:13	07:10:21	07:09:09
23	solicitar grúa para cambiar posición de la pieza	07:20:10	07:33:26	07:06:18	07:13:29	07:13:18
24	sacar plataforma para esmerilado de piezas	07:25:18	07:36:06	07:11:18	07:17:06	07:17:13
25	voltear pieza con grúa puente	07:37:14	07:50:04	07:26:14	07:32:14	07:31:21
26	Colocar plataforma para esmerilado de piezas	07:40:12	07:54:09	07:31:12	07:36:08	07:35:19
27	Realizar esmerilado con plantilla	09:30:05	09:46:17	09:26:16	09:37:13	09:33:06
28	Inspección dimensional	09:45:11	09:58:10	09:43:30	09:52:11	09:47:14
29	traslado a área de mecanizado	09:50:06	10:02:11	09:47:47	09:57:29	09:51:32
TIEMPO REGISTRADO (MINUTOS)		590.1	602.2	587.8	597.5	591.5
CALIFICACIÓN DEL OPERARIO		1.06	1.08	1.06	1.08	1.06
TIEMPO OPERATIVO (MINUTOS)		625.5	650.4	623.1	645.3	627.0
FACTOR TIEMPO SUPLEMENTARIO		1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
TIEMPO ESTÁNDAR (MINUTOS)		725.59	754.44	722.76	748.55	727.31

FUENTE: Elaboración propia.

Luego, se calculó el número de observaciones necesarias para el estudio de tiempos, haciendo uso de las fórmulas correspondientes:

Desviación estándar de la muestra (S_i):

$$S_i = \left[\frac{\sum (X_i)^2 - \frac{\sum X_i^2}{m}}{(m - 1)} \right]^{0.5}$$

$$S_i = \left[\frac{1742191.5 - \frac{8708401}{5}}{(5-1)} \right]^{0.5}$$

$$S_i = \left[\frac{1742191.5 - 1451400.2}{(4)} \right]^{0.5}$$

$$S_i = 6.28$$

Se obtuvo una desviación estándar de 6.28 minutos

Número de observaciones requeridas (S_i):

$$n_i = \left[\frac{Z \cdot S_i}{E \cdot \bar{x}_i} \right]^2$$

$$n_i = \left[\frac{1.96 * 6.28}{0.05 * 590.2} \right]^2$$

$$n_i = 0.17$$

Se obtuvo que el número de observaciones es menor a uno, por lo tanto, con las observaciones preliminares podemos calcular el tiempo operativo y el tiempo estándar.

Calcular el tiempo normal u operativo:

Tiempo Normal u Operativo (T_o):

$$T_o = \frac{[\sum(X_i \cdot R_i)]}{n_i}$$

TIEMPO REGISTRADO (MINUTOS)	590.1	602.2	587.8	597.5	591.5
CALIFICACIÓN DEL OPERARIO	1.06	1.08	1.06	1.08	1.06
TIEMPO OPERATIVO (MINUTOS)	625.5	650.4	623.1	645.3	627.0

$$T_o = \frac{[3171.2]}{5}$$

$$T_o = 634.2$$

Se obtuvo que el tiempo operativo es de 634.2 minutos.

- Determinación del tiempo estándar (T_a):

Tiempo estándar (T_a):

$$T_a = (T_o) * (1 + T_{sp})$$

$$T_a = (634.2) * (1 + 0.16)$$

$$T_a = 735.7$$

Se determinó que el tiempo estándar es de 735.7 minutos.

- 3) Analizar el método actual de trabajo e identificar oportunidades de mejora.

De acuerdo con los diagramas de análisis de procesos realizados se ha podido determinar los siguientes aspectos:

- El tiempo operativo es de 634.2 minutos, y el tiempo estándar es de 735.7 minutos.
- El recorrido de la pieza en la ejecución del proceso de esmerilado es de 100 metros en total.
- Se ha determinado que el 65.5% de las actividades del proceso de esmerilado de piezas fundidas corresponde a la categoría de traslado, el 13.8% a la categoría de esperas, el 17.2% a la categoría de operaciones y el 3.4% a la categoría de inspecciones.

En tal sentido, se debe priorizar la eliminación, modificación o simplificación de las actividades de traslado en el proceso de esmerilado de piezas.

- 4) Evaluar el método alternativo:

Se evaluó por medio de la técnica del interrogatorio el método inicial para plantear un método alternativo, tal como se muestra en la tabla 7.

Tabla 8. Técnica del interrogatorio

TÉCNICA DEL INTERROGATORIO					
CASO	PREGUNTAS PRELIMINARES	RESPUESTAS PRELIMINARES	PREGUNTA DE FONDO	RESPUESTAS DE FONDO	POSIBLES SOLUCIONES
ALTA TASA DE ACTIVIDADES DE TRASLADO EN PROCESO DE ESMERILADO DE PIEZAS FUNDIDAS	¿Qué se hace en realidad?	Se esmerila las piezas fundidas subiendo a una plataforma elevada.	¿Qué otra cosa podría hacerse?	Se podría aplicar un proceso de corte con electrodos de carbón.	«
	¿Por qué hay que hacerlo?	Porque se tiene que remover las secciones que no corresponden a la geometría final de la pieza, pero que son parte del diseño de alimentación que permite su fabricación.	¿Qué debería llevarse a cabo?	Se debería realizar el proceso de esmerilado de piezas fundidas en el menor tiempo posible.	
	¿Por qué se hace allí?	Porque en esa área se cuenta con los equipos adecuados para realizar este trabajo.	¿En que otro lugar podría hacerse?	Se tendría que implementar un área de trabajo especial para ese tipo de piezas fundidas.	«
	¿Cuándo se hace?	Cuando la pieza ha cumplido el ciclo de tratamiento térmico.	¿Dónde debería realizarse?	Se debería realizar en el área de acabados de piezas fundidas.	
	¿Por qué se hace en ese momento?	Porque la pieza tiene una estructura metalográfica adecuada para resistir el calentamiento puntual por esmerilado.	¿Cuándo podría realizarse?	Cuando el programa de producción lo asigne.	
	¿Quién lo hace?	Lo hace un operario calificado (esmerilador).	¿Cuándo debería realizarse?	Cuando la pieza haya cumplido con el proceso de tratamiento térmico.	
	¿Por qué lo hace esa persona?	Porque es una persona que tiene experiencia, capacitación y habilidad en el uso del equipo de esmerilado.	¿Qué otra persona podría llevarlo a cabo?	Se podría entrenar a ayudantes generales para que puedan realizar el trabajo.	«
	¿Cómo se hace?	La pieza fundida se coloca en la estación de esmerilado. Se coloca una plataforma elevada, el operario sube a una plataforma elevada, se posiciona el esmeril y se desbastan las secciones que corresponden.	¿De qué otra forma podría realizarse?	Se podría cambiar el diseño de alimentación de la pieza, para evitar el uso de la plataforma elevada y reducir la cantidad de actividades de traslado.	«
	¿Por qué se hace de ese modo?	Porque el proceso de esmerilado aporta bajo calor puntual sobre la superficie de la pieza.	¿Cómo debería realizarse?	Se debería colocar la pieza en la estación de esmerilado, y proceder con la operación de desbaste sin necesidad de usar una plataforma elevada.	

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 9. Matriz de selección de alternativa de solución para elegir el método alternativo a implementar.

SOLUCIÓN		NIVEL DE COMPLEJIDAD							TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN							INVERSIÓN ESTIMADA						Puntaje TOTAL	
		Jefe de Control de Procesos	Jefe de Área	Supervisor de Turno 1	Supervisor Turno 2	Supervisor de Control de Calidad	Operario de Producción	Puntaje Acumulado	Jefe de Control de Procesos	Jefe de Área	Supervisor de Turno 1	Supervisor Turno 2	Supervisor de Control de Calidad	Operario de Producción	Puntaje Acumulado	Jefe de Control de Procesos	Jefe de Área	Supervisor de Turno 1	Supervisor Turno 2	Supervisor de Control de Calidad	Operario de Producción		Puntaje Acumulado
1	APLICAR UN PROCESO DE CORTE CON CARBÓN	0	10	0	10	10	0	30	10	10	10	10	10	10	60	0	10	0	0	10	0	20	110
2	IMPLEMENTAR UNA NUEVA ÁREA DE TRABAJO	0	10	0	0	10	0	20	10	10	10	10	10	10	60	0	30	0	10	30	0	70	150
3	CAMBIAR EL DISEÑO DE ALIMENTACIÓN DE LA PIEZA	30	30	30	30	30	50	200	50	30	50	30	50	30	240	30	30	50	50	50	50	260	700
4	ENTRENAR AYUDANTES PARA QUE REALICEN ESTE TRABAJO	50	50	50	50	50	50	300	30	30	30	30	30	30	180	10	30	50	50	10	10	160	640

FUENTE: Elaboración propia.

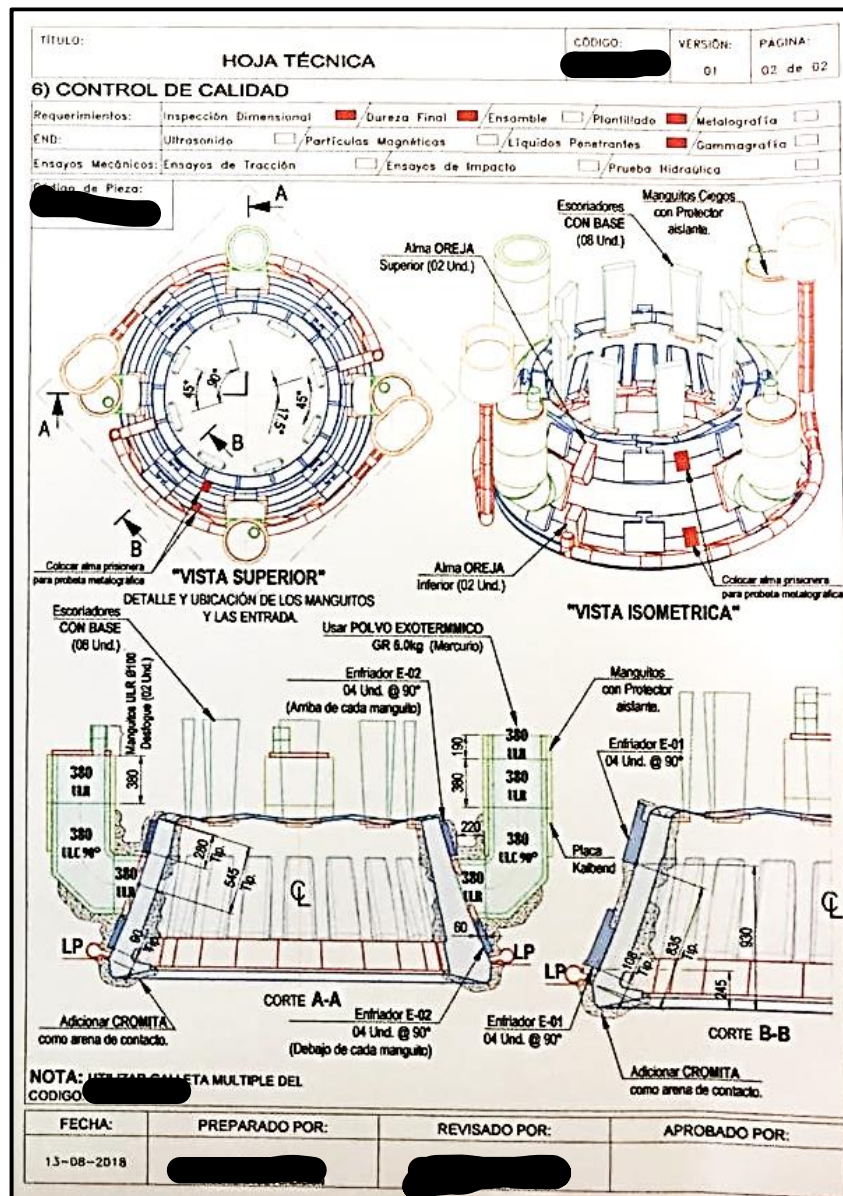
Se analizó las alternativas obtenidas en la técnica del interrogatorio y se ponderó de acuerdo con los criterios de la matriz.

La solución seleccionada para implementar es el **cambio del diseño de alimentación de la pieza fundida.**

5) Desarrollar el nuevo método propuesto.

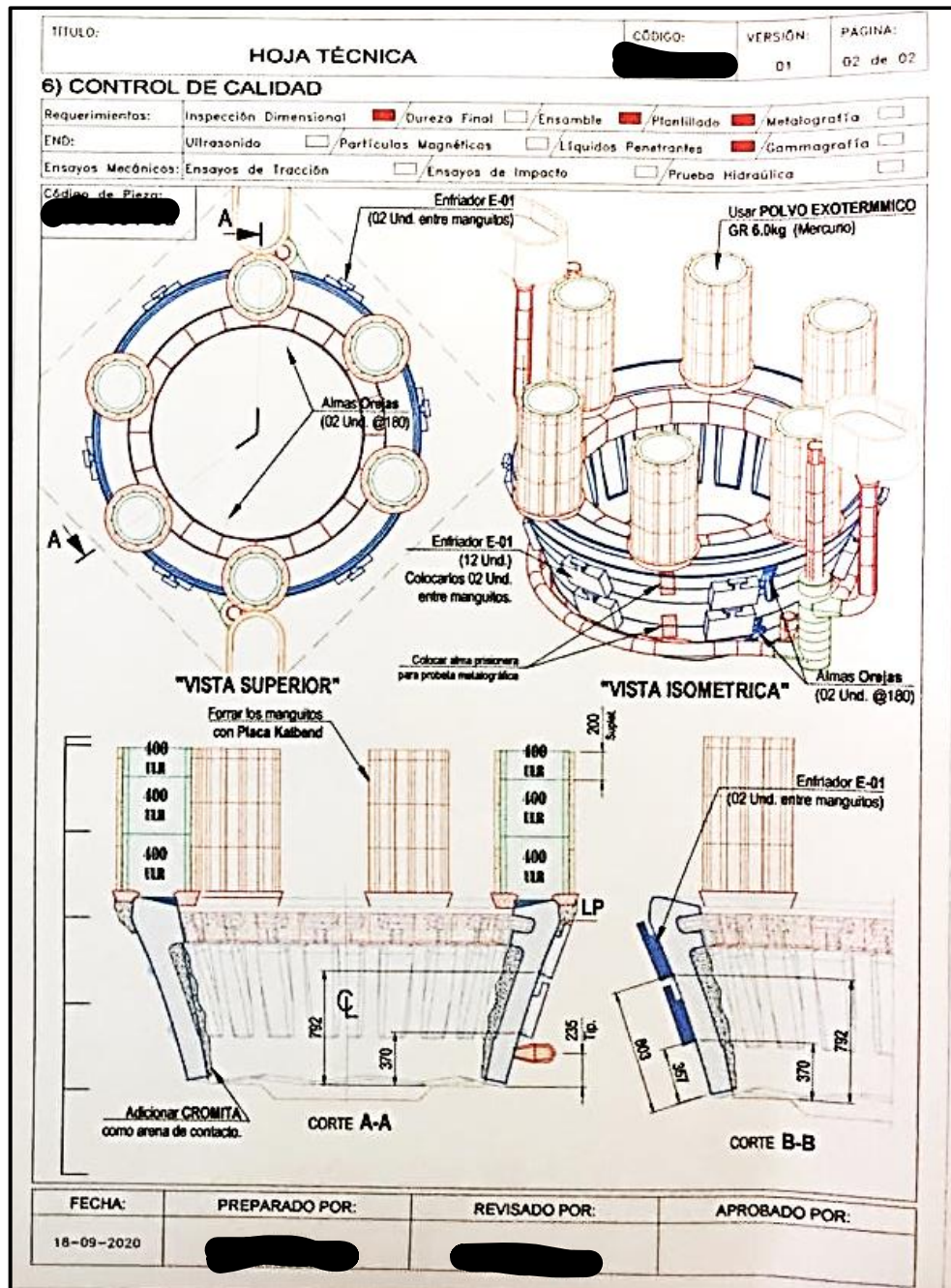
Se cambió el diseño de alimentación de la pieza fundida para reducir las actividades de traslado durante el proceso de esmerilado. Asimismo, se redujo el espesor de las secciones a esmerilar de 2.5 pulgadas a 1.5 pulgadas.

Figura 31. Diseño del sistema de alimentación de pieza fundida en el método inicial.



FUENTE: Archivos internos de la empresa.

Figura 32. Diseño del sistema de alimentación de pieza fundida en el método alternativo.



FUENTE: Archivos internos de la empresa.

Figura 33. Pieza fundida con el diseño del método inicial.



FUENTE: Archivos internos de la empresa.

Figura 34. Pieza fundida con el diseño del método alternativo.



FUENTE: Archivos internos de la empresa.

6) Implementar el nuevo método de trabajo.

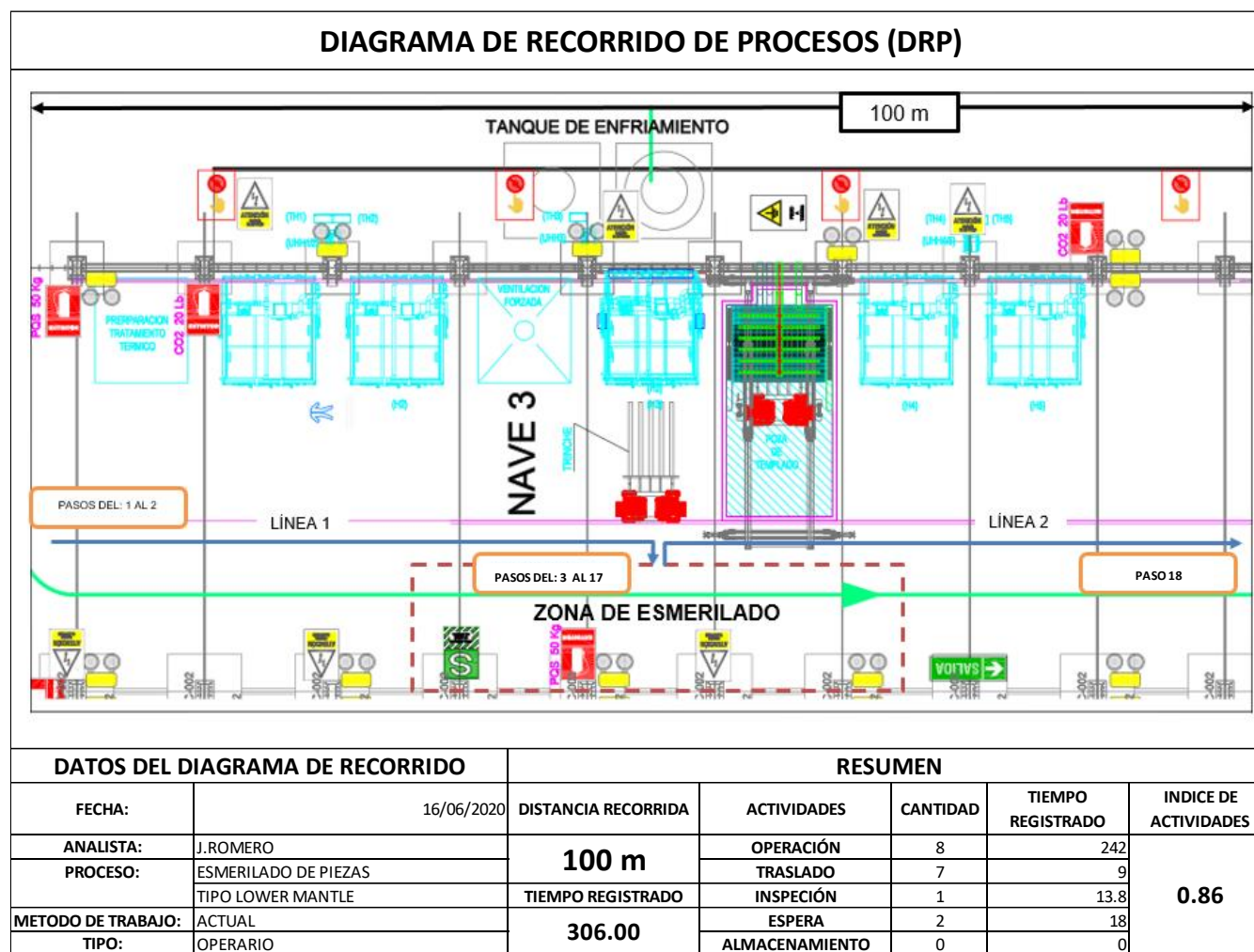
Para la implementación del nuevo método propuesto se realizó un nuevo estudio de métodos y medición del trajo para poder registrar y comparar los resultados respecto al método de trabajo anterior.

Figura 35. Toma de tiempos en proceso de esmerilado de piezas fundidas con el método alternativo.


























FUENTE: Elaboración propia.

Figura 36. DRP del proceso de esmerilado de piezas fundidas con el método alternativo.



FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 10. DAP del proceso de esmerilado de piezas fundidas con el método alternativo.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO (DFP)									
(TAMBIÉN CONOCIDO COMO DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESOS-DAP)									
DATOS DEL DIAGRAMA DE FLUJO			RESUMEN						
FECHA:	16/06/2020		DISTANCIA RECORRIDA		ACTIVIDADES		CANTIDAD	TIEMPO REGISTRADO	INDICE DE ACTIVIDADES
ANALISTA:	J.ROMERO		100 m		OPERACIÓN		8	242	0.86
PROCESO:	ESMERILADO DE PIEZAS				TRASLADO		7	4.6	
	TIPO LOWER MANTLE		TIEMPO REGISTRADO		INSPECCIÓN		1	13.8	
METODO DE TRABAJO:	ACTUAL		306.00		ESPERA		2	22.4	
TIPO:	OPERARIO				ALMACENAMIENTO		0	0	
DETALLES DEL PROCESO			OPERACIÓN	TRASLADO	INSPECCIÓN	ESPERA	ALMACENAMIENTO	TIEMPO REGISTRADO	DISTANCIA RECORRIDA EN METROS
PASOS	ACTIVIDADES								
01	voltear pieza con grúa puente							05	
02	Trasladar pieza con grúa hacia esmeril colgante							04	50 m
03	Colocar pieza en estación de esmerilado							04	
04	Posicionar esmeril colgante sobre la pieza							05	
05	esmerilar alimentador de la pieza (1)							31	
06	esmerilar alimentador de la pieza (2)							30	
07	esmerilar alimentador de la pieza (3)							31	
08	solicitar grúa para cambiar posición de la pieza							04	
09	Girar pieza con grúa puente							04	
10	esmerilar alimentador de la pieza (4)							31	
11	esmerilar alimentador de la pieza (5)							30	
12	esmerilar alimentador de la pieza (6)							30	
13	solicitar grúa para cambiar posición de la pieza							05	
14	voltear pieza con grúa puente							09	
15	Colocar pieza en estación de esmerilado							05	
16	Realizar esmerilado con plantilla							59	
17	Inspección dimensional							14	
18	traslado a área de mecanizado							05	50 m

FUENTE: Elaboración propia.

ESTUDIO DE TIEMPOS ESTÁNDARES DEL MÉTODO PROPUESTO

- **Análisis de la actividad y división de tareas:**

Tabla 11. Actividades de proceso de esmerilado de piezas fundidas con el método alternativo.

PROCESO DE ESMERILADO DE PIEZAS FUNDIDAD	
PASOS	MÉTODO PROPUESTO
01	voltear pieza con grúa puente
02	Trasladar pieza con grúa hacia esmeril colgante
03	Colocar pieza en estación de esmerilado
04	Posicionar esmeril colgante sobre la pieza
05	esmerilar alimentador de la pieza (1)
06	esmerilar alimentador de la pieza (2)
07	esmerilar alimentador de la pieza (3)
08	solicitar grúa para cambiar posición de la pieza
09	Girar pieza con grúa puente
10	esmerilar alimentador de la pieza (4)
11	esmerilar alimentador de la pieza (5)
12	esmerilar alimentador de la pieza (6)
13	solicitar grúa para cambiar posición de la pieza
14	voltear pieza con grúa puente
15	Colocar pieza en estación de esmerilado
16	Realizar esmerilado con plantilla
17	Inspección dimensional
18	traslado a área de mecanizado

FUENTE: Elaboración propia.

Figura 37.. Método alternativo de esmerilado de piezas fundidas.



FUENTE: Elaboración propia.

- Selección del operario a cronometrar:
Se seleccionó a los mismos operarios que ejecutaron el proceso de esmerilado en el mes de enero 2020.
- Determinación del número de ciclos a cronometrar y tiempo operativo:
Se realizó una toma de tiempos preliminar con 05 registros.

Tabla 12. Registro de toma de tiempos preliminares en proceso de esmerilado de piezas fundidas con método alternativo.

REGISTRO DE TOMA DE TIEMPOS						
PROCESO: ESMERILADO DE PIEZAS FUNDIDAS		ANALISTA: J.ROMERO				
FECHA DE EJECUCIÓN DEL ESTUDIO DE TIEMPO		16/06/2020	17/06/2020	18/06/2020	19/06/2020	20/06/2020
OPERARIO QUE REALIZA LA ACTIVIDAD		E. GUTIERREZ	J. CASHU	E. GUTIERREZ	J. CASHU	E. GUTIERREZ
TOMA DE TIEMPOS N°		1	2	3	4	5
PASOS	TAREAS DEL PROCESO	TO	TO	TO	TO	TO
01	voltear pieza con grúa puente	00:05:19	00:04:10	00:05:14	00:04:40	00:05:12
02	Trasladar pieza con grúa hacia esmeril colgante	00:10:04	00:08:15	00:09:08	00:07:16	00:10:08
03	Colocar pieza en estación de esmerilado	00:15:32	00:12:04	00:14:20	00:11:05	00:14:18
04	Posicionar esmeril colgante sobre la pieza	00:20:13	00:16:02	00:18:11	00:16:03	00:19:11
05	esmerilar alimentador de la pieza (1)	00:50:24	00:48:11	00:48:21	00:48:12	00:49:19
06	esmerilar alimentador de la pieza (2)	01:21:05	01:19:20	01:17:09	01:19:21	01:19:14
07	esmerilar alimentador de la pieza (3)	01:51:16	01:49:03	01:48:12	01:52:04	01:49:22
08	solicitar grúa para cambiar posición de la pieza	01:56:04	01:53:09	01:53:07	01:56:10	01:53:30
09	Girar pieza con grúa puente	02:00:38	01:57:04	01:58:08	02:00:04	01:58:40
10	esmerilar alimentador de la pieza (4)	02:32:19	02:26:03	02:30:15	02:31:07	02:28:10
11	esmerilar alimentador de la pieza (5)	03:03:10	02:56:19	03:00:13	03:02:21	02:58:09
12	esmerilar alimentador de la pieza (6)	03:34:18	03:25:26	03:30:18	03:33:29	03:30:18
13	solicitar grúa para cambiar posición de la pieza	03:39:14	03:29:06	03:35:18	03:38:06	03:28:13
14	voltear pieza con grúa puente	03:49:12	03:39:04	03:44:14	03:46:14	03:43:21
15	Colocar pieza en estación de esmerilado	03:54:05	03:43:09	03:49:12	03:51:08	03:47:19
16	Realizar esmerilado con plantilla	04:53:11	04:43:17	04:48:16	04:49:13	04:47:06
17	Inspección dimensional	05:09:06	04:54:10	05:01:30	05:01:11	05:01:14
18	traslado a área de mecanizado	05:14:17	04:58:11	05:07:47	05:05:29	05:06:32
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
TIEMPO REGISTRADO (MINUTOS)		314.3	298.2	307.8	305.5	306.5
CALIFICACIÓN DEL OPERARIO		1.06	1.08	1.06	1.08	1.06
TIEMPO OPERATIVO (MINUTOS)		333.1	322.0	326.2	329.9	324.9
FACTOR TIEMPO SUPLEMENTARIO		1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
TIEMPO ESTÁNDAR (MINUTOS)		386.44	373.56	378.45	382.71	376.91

FUENTE: Elaboración propia.

Luego, se calculó el número de observaciones necesarias para el estudio de tiempos, haciendo uso de las fórmulas correspondientes:

Desviación estándar de la muestra (S_i):

$$S_i = \left[\frac{\sum (X_i)^2 - \sum \frac{X_i^2}{m}}{(m - 1)} \right]^{0.5}$$

$$S_i = \left[\frac{468310 - \frac{2340900}{5}}{(5-1)} \right]^{0.5}$$

$$S_i = \left[\frac{468310 - 468180}{(4)} \right]^{0.5}$$

$$S_i = 5.7$$

Se obtuvo una desviación estándar de 5.7 minutos

Número de observaciones requeridas (S_i):

$$n_i = \left[\frac{Z \cdot S_i}{E \cdot \bar{x}_i} \right]^2$$

$$n_i = \left[\frac{1.96 * 5.7}{0.05 * 306} \right]^2$$

$$n_i = 0.53$$

Se obtuvo que el número de observaciones es menor a uno, por lo tanto, con las observaciones preliminares podemos calcular el tiempo operativo y el tiempo estándar.

Calcular el tiempo normal u operativo:

Tiempo Normal u Operativo (T_o):

$$T_o = \frac{[\sum(X_i \cdot R_i)]}{n_i}$$

TIEMPO REGISTRADO (MINUTOS)	314.3	298.2	307.8	305.5	306.5
CALIFICACIÓN DEL OPERARIO	1.06	1.08	1.06	1.08	1.06
TIEMPO OPERATIVO (MINUTOS)	333.1	322.0	326.2	329.9	324.9

$$T_o = \frac{[1636.3]}{5}$$

$$T_o = 327.3$$

Se obtuvo que el tiempo operativo es de 327.3 minutos.

- Determinación del tiempo estándar (T_a):

Tiempo estándar (T_a):

$$T_a = (T_o) * (1 + T_{sp})$$
$$T_a = (327.3) * (1 + 0.16)$$
$$T_a = 379.6$$

Se determinó que el tiempo estándar es de 379.6 minutos.

7) Seguimiento y control.

En el seguimiento y control de la implementación se realizó la capacitación al personal y se implementó un registro diario de los datos de producción en el proceso de esmerilado de piezas.

Figura 38. Proceso de esmerilado de piezas fundidas con método alternativo.

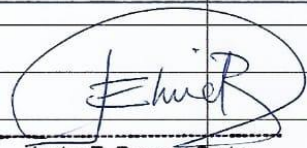


FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 13. Capacitación a operarios de esmerilado.

SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD		CÓDIGO:	F-CAL-RHH-014
		VERSIÓN:	SSOMA-REG-03
		PÁGINA:	1
		FECHA:	01 de 01
REGISTRO DE ASISTENCIA		17/06/2019	

DATOS DEL EVENTO					
SEDE:	LIMA <input type="checkbox"/>	CHILCA <input checked="" type="checkbox"/>			
INDUCCIÓN GENERAL:	<input type="checkbox"/>	ENTRENAMIENTO:	<input type="checkbox"/>	CAPACITACIÓN	<input checked="" type="checkbox"/>
INDUCCIÓN ESPECÍFICA:	<input type="checkbox"/>	CHARLA DE 5 MIN:	<input type="checkbox"/>	OTROS:	<input type="checkbox"/>
REUNIÓN	<input type="checkbox"/>				
TEMAS	PROCEDIMIENTO MEJORADO DE ESMERILADO DE PIEZAS FUNDIDAS				
DIRIGIDO(A) POR	ROMERO BARTRA, JAVIER EHUD CARGO: JEFE DE TRATAMIENTO TÉRMICO Y ACABADO				
AMBIENTE	PLANTA: ÁREA DE TRATAMIENTO TÉRMICO DE PIEZAS FUNDIDAS				
FECHA	21/09/2020	HORA INICIO	8:00 a. m.	HORA FIN	8:30 a. m.
N°	APELLIDOS Y NOMBRES	CARGO	ÁREA	DNI	
1	GUTIÉRREZ CALIZAYA EFRAIN	Operador de Esmeril Colgante	TRATAMIENTO TÉRMICO Y ACABADO	10594320	
2	CASHU PACAYA JOSÉ LUIS	Operador de Esmeril Colgante	TRATAMIENTO TÉRMICO Y ACABADO	45913974	
3	LLANOS CANCHILLO MILTÓN JOEL	Operador de Esmeril Colgante	TRATAMIENTO TÉRMICO Y ACABADO	10508642	
4	ESCALERA BALDEÓN JOHN NILTÓN	Operador de Esmeril Colgante	TRATAMIENTO TÉRMICO Y ACABADO	41811169	
5	CARTAGENA CASTILLA GREGORIO EMILIANO	Operador de Esmeril Colgante	TRATAMIENTO TÉRMICO Y ACABADO	21828873	
6	FLORES AHUANARI LANDER JENRY	Operador de Esmeril Colgante	TRATAMIENTO TÉRMICO Y ACABADO	05860930	
7	GUERRA MEDINA ALAN ANDITH	Operador de Esmeril Colgante	TRATAMIENTO TÉRMICO Y ACABADO	41823527	
8	SANTIAGO TORRES RAMÓN ANGEL	Operador de Esmeril Colgante	TRATAMIENTO TÉRMICO Y ACABADO	43394123	
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
RECOMENDACIONES:					



Javier E. Romero Bartra
JEFE DE TRATAMIENTO TÉRMICO Y ACABADO
FUNDICIÓN CHILCA S.A.

FUENTE: Archivos de la empresa.

Tabla 14.. Datos pretest.

DATOS PRE-TEST												
N° semana	ÍTEM	FECHA	HORAS DISPONIBLES	HORAS UTILIZADAS	PIEZAS PROGRAMADAS (Toneladas)	PIEZAS PRODUCIDAS (Toneladas)	CANTIDAD DE PIEZAS PROCESADAS	ÍNDICE DE ACTIVIDADES	TIEMPO ESTÁNDAR (HORAS)	% EFICIENCIA	% EFICACIA	% PRODUCTIVIDAD
semana 1	1	6/01/2020	12,00	10,60	28.000	13.592	1	0,76	11,1	88,33%	48,54%	42,88%
	2	7/01/2020	12,00	10,70	28.000	13.592	1	0,76	11,1	89,17%	48,54%	43,28%
	3	8/01/2020	12,00	10,50	28.000	13.592	1	0,76	11,1	87,50%	48,54%	42,48%
	4	9/01/2020	12,00	10,80	28.000	13.592	1	0,76	11,1	90,00%	48,54%	43,69%
	5	10/01/2020	12,00	10,30	28.000	13.592	1	0,76	11,1	85,83%	48,54%	41,67%
	6	11/01/2020	12,00	10,30	28.000	13.592	1	0,76	11,1	85,83%	48,54%	41,67%
semana 2	7	13/01/2020	12,00	10,70	28.000	13.592	1	0,76	11,1	89,17%	48,54%	43,28%
	8	14/01/2020	12,00	10,80	28.000	13.592	1	0,76	11,1	90,00%	48,54%	43,69%
	9	15/01/2020	12,00	10,20	28.000	13.592	1	0,76	11,1	85,00%	48,54%	41,26%
	10	16/01/2020	12,00	10,20	28.000	13.592	1	0,76	11,1	85,00%	48,54%	41,26%
	11	17/01/2020	12,00	10,50	28.000	13.592	1	0,76	11,1	87,50%	48,54%	42,48%
	12	18/01/2020	12,00	10,20	28.000	13.592	1	0,76	11,1	85,00%	48,54%	41,26%
semana 3	13	20/01/2020	12,00	10,30	28.000	13.592	1	0,76	11,1	85,83%	48,54%	41,67%
	14	21/01/2020	12,00	10,70	28.000	13.592	1	0,76	11,1	89,17%	48,54%	43,28%
	15	22/01/2020	12,00	10,30	28.000	13.592	1	0,76	11,1	85,83%	48,54%	41,67%
	16	23/01/2020	12,00	10,20	28.000	13.592	1	0,76	11,1	85,00%	48,54%	41,26%
	17	24/01/2020	12,00	10,40	28.000	13.592	1	0,76	11,1	86,67%	48,54%	42,07%
	18	25/01/2020	12,00	10,50	28.000	13.592	1	0,76	11,1	87,50%	48,54%	42,48%
semana 4	19	27/01/2020	12,00	10,50	28.000	13.592	1	0,76	11,1	87,50%	48,54%	42,48%
	20	28/01/2020	12,00	10,30	28.000	13.592	1	0,76	11,1	85,83%	48,54%	41,67%
	21	29/01/2020	12,00	10,30	28.000	13.592	1	0,76	11,1	85,83%	48,54%	41,67%

	22	30/01/2020	12,00	10,60	28.000	13.592	1	0,76	11,1	88,33%	48,54%	42,88%
	23	31/01/2020	12,00	10,70	28.000	13.592	1	0,76	11,1	89,17%	48,54%	43,28%
	24	1/02/2020	12,00	10,30	28.000	13.592	1	0,76	11,1	85,83%	48,54%	41,67%
semana 5	25	3/02/2020	12,00	10,20	28.000	13.592	1	0,76	11,1	85,00%	48,54%	41,26%
	26	4/02/2020	12,00	10,50	28.000	13.592	1	0,76	11,1	87,50%	48,54%	42,48%
	27	5/02/2020	12,00	10,30	28.000	13.592	1	0,76	11,1	85,83%	48,54%	41,67%
	28	6/02/2020	12,00	10,50	28.000	13.592	1	0,76	11,1	87,50%	48,54%	42,48%
	29	7/02/2020	12,00	10,40	28.000	13.592	1	0,76	11,1	86,67%	48,54%	42,07%
	30	8/02/2020	12,00	10,60	28.000	13.592	1	0,76	11,1	88,33%	48,54%	42,88%
	31	10/02/2020	12,00	10,80	28.000	13.592	1	0,76	11,1	90,00%	48,54%	43,69%
semana 6	32	11/02/2020	12,00	10,50	28.000	13.592	1	0,76	11,1	87,50%	48,54%	42,48%
	33	12/02/2020	12,00	10,50	28.000	13.592	1	0,76	11,1	87,50%	48,54%	42,48%
	34	13/02/2020	12,00	10,70	28.000	13.592	1	0,76	11,1	89,17%	48,54%	43,28%
	35	14/02/2020	12,00	10,20	28.000	13.592	1	0,76	11,1	85,00%	48,54%	41,26%
	36	15/02/2020	12,00	10,30	28.000	13.592	1	0,76	11,1	85,83%	48,54%	41,67%
	37	17/02/2020	12,00	10,40	28.000	13.592	1	0,76	11,1	86,67%	48,54%	42,07%
semana 7	38	18/02/2020	12,00	10,60	28.000	13.592	1	0,76	11,1	88,33%	48,54%	42,88%
	39	19/02/2020	12,00	10,60	28.000	13.592	1	0,76	11,1	88,33%	48,54%	42,88%
	40	20/02/2020	12,00	10,40	28.000	13.592	1	0,76	11,1	86,67%	48,54%	42,07%
	41	21/02/2020	12,00	10,70	28.000	13.592	1	0,76	11,1	89,17%	48,54%	43,28%
	42	22/02/2020	12,00	10,70	28.000	13.592	1	0,76	11,1	89,17%	48,54%	43,28%
	43	24/02/2020	12,00	10,40	28.000	13.859	1	0,76	11,1	86,67%	49,50%	42,90%
semana 8	44	25/02/2020	12,00	10,40	28.000	13.592	1	0,76	11,1	86,67%	48,54%	42,07%
	45	26/02/2020	12,00	10,20	28.000	13.859	1	0,76	11,1	85,00%	49,50%	42,07%
	46	27/02/2020	12,00	10,20	28.000	13.592	1	0,76	11,1	85,00%	48,54%	41,26%
	47	28/02/2020	12,00	10,80	28.000	13.592	1	0,76	11,1	90,00%	48,54%	43,69%
	48	29/02/2020	12,00	10,20	28.000	13.592	1	0,76	11,1	85,00%	48,54%	41,26%
semana 9	49	2/03/2020	12,00	10,20	28.000	13.592	1	0,76	11,1	85,00%	48,54%	41,26%

	50	3/03/2020	12,00	10,70	28.000	13.592	1	0,76	11,1	89,17%	48,54%	43,28%
	51	4/03/2020	12,00	10,50	28.000	13.592	1	0,76	11,1	87,50%	48,54%	42,48%
	52	5/03/2020	12,00	10,20	28.000	13.592	1	0,76	11,1	85,00%	48,54%	41,26%
	53	6/03/2020	12,00	10,80	28.000	13.592	1	0,76	11,1	90,00%	48,54%	43,69%
	54	7/03/2020	12,00	10,70	28.000	13.340	1	0,76	11,1	89,17%	47,64%	42,48%
semana 10	55	9/03/2020	12,00	10,40	28.000	13.592	1	0,76	11,1	86,67%	48,54%	42,07%
	56	10/03/2020	12,00	10,50	28.000	13.592	1	0,76	11,1	87,50%	48,54%	42,48%
	57	11/03/2020	12,00	10,30	28.000	13.592	1	0,76	11,1	85,83%	48,54%	41,67%
	58	12/03/2020	12,00	10,30	28.000	13.592	1	0,76	11,1	85,83%	48,54%	41,67%
	59	13/03/2020	12,00	10,50	28.000	13.592	1	0,76	11,1	87,50%	48,54%	42,48%
	60	14/03/2020	12,00	10,60	28.000	13.592	1	0,76	11,1	88,33%	48,54%	42,88%
semana 11	61	1/06/2020	12,00	10,70	28.000	13.592	1	0,76	11,1	89,17%	48,54%	43,28%
	62	2/06/2020	12,00	10,30	28.000	13.592	1	0,76	11,1	85,83%	48,54%	41,67%
	63	3/06/2020	12,00	10,20	28.000	13.592	1	0,76	11,1	85,00%	48,54%	41,26%
	64	4/06/2020	12,00	10,20	28.000	13.340	1	0,76	11,1	85,00%	47,64%	40,50%
	65	5/06/2020	12,00	10,30	28.000	13.592	1	0,76	11,1	85,83%	48,54%	41,67%
	66	6/06/2020	12,00	10,50	28.000	13.592	1	0,76	11,1	87,50%	48,54%	42,48%
semana 12	67	8/06/2020	12,00	10,80	28.000	13.592	1	0,76	11,1	90,00%	48,54%	43,69%
	68	9/06/2020	12,00	10,60	28.000	13.592	1	0,76	11,1	88,33%	48,54%	42,88%
	69	10/06/2020	12,00	10,50	28.000	13.592	1	0,76	11,1	87,50%	48,54%	42,48%
	70	11/06/2020	12,00	10,50	28.000	13.592	1	0,76	11,1	87,50%	48,54%	42,48%
	71	12/06/2020	12,00	10,60	28.000	13.592	1	0,76	11,1	88,33%	48,54%	42,88%
	72	13/06/2020	12,00	10,40	28.000	13.592	1	0,76	11,1	86,67%	48,54%	42,07%

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 15. Datos post-test.

DATOS POST-TEST												
N° semana	ÍTEM	FECHA	HORAS DISPONIBLES	HORAS UTILIZADAS	PIEZAS PROGRAMADAS (Toneladas)	PIEZAS PRODUCIDAS (Toneladas)	CANTIDAD DE PIEZAS PROCESADAS	ÍNDICE DE ACTIVIDADES	TIEMPO ESTÁNDAR (HORAS)	% EFICIENCIA	% EFICACIA	% PRODUCTIVIDAD
semana 1	1	22/06/2020	12,00	10,90	28.000	26.932	2	0,82	5,7	90,83%	96,19%	87,37%
	2	23/06/2020	12,00	10,80	28.000	26.932	2	0,82	5,7	90,00%	96,19%	86,57%
	3	24/06/2020	12,00	11,10	28.000	26.932	2	0,82	5,7	92,50%	96,19%	88,97%
	4	25/06/2020	12,00	11,20	28.000	27.184	2	0,82	5,7	93,33%	97,09%	90,61%
	5	26/06/2020	12,00	10,90	28.000	26.932	2	0,82	5,7	90,83%	96,19%	87,37%
	6	27/06/2020	12,00	10,90	28.000	27.184	2	0,82	5,7	90,83%	97,09%	88,19%
semana 2	7	29/06/2020	12,00	11,00	28.000	26.932	2	0,82	5,7	91,67%	96,19%	88,17%
	8	30/06/2020	12,00	11,20	28.000	27.451	2	0,82	5,7	93,33%	98,04%	91,50%
	9	1/07/2020	12,00	11,30	28.000	27.451	2	0,82	5,7	94,17%	98,04%	92,32%
	10	2/07/2020	12,00	10,90	28.000	26.932	2	0,82	5,7	90,83%	96,19%	87,37%
	11	3/07/2020	12,00	11,30	28.000	27.451	2	0,82	5,7	94,17%	98,04%	92,32%
	12	4/07/2020	12,00	10,90	28.000	27.451	2	0,82	5,7	90,83%	98,04%	89,05%
semana 3	13	6/07/2020	12,00	10,90	28.000	26.932	2	0,82	5,7	90,83%	96,19%	87,37%
	14	7/07/2020	12,00	10,70	28.000	26.932	2	0,82	5,7	89,17%	96,19%	85,77%
	15	8/07/2020	12,00	10,90	28.000	26.932	2	0,82	5,7	90,83%	96,19%	87,37%
	16	9/07/2020	12,00	11,20	28.000	26.932	2	0,82	5,7	93,33%	96,19%	89,77%
	17	10/07/2020	12,00	11,00	28.000	26.932	2	0,82	5,7	91,67%	96,19%	88,17%
	18	11/07/2020	12,00	11,00	28.000	26.932	2	0,82	5,7	91,67%	96,19%	88,17%
semana 4	19	13/07/2020	12,00	11,00	28.000	26.932	2	0,82	5,7	91,67%	96,19%	88,17%
	20	14/07/2020	12,00	11,00	28.000	26.932	2	0,82	5,7	91,67%	96,19%	88,17%

	21	15/07/2020	12,00	10,90	28.000	27.199	2	0,82	5,7	90,83%	97,14%	88,23%
	22	16/07/2020	12,00	11,30	28.000	26.932	2	0,82	5,7	94,17%	96,19%	90,57%
	23	17/07/2020	12,00	11,20	28.000	27.199	2	0,82	5,7	93,33%	97,14%	90,66%
	24	18/07/2020	12,00	10,80	28.000	26.932	2	0,82	5,7	90,00%	96,19%	86,57%
semana 5	25	20/07/2020	12,00	10,70	28.000	26.932	2	0,82	5,7	89,17%	96,19%	85,77%
	26	21/07/2020	12,00	11,00	28.000	26.932	2	0,82	5,7	91,67%	96,19%	88,17%
	27	22/07/2020	12,00	10,90	28.000	26.932	2	0,82	5,7	90,83%	96,19%	87,37%
	28	23/07/2020	12,00	11,00	28.000	27.199	2	0,82	5,7	91,67%	97,14%	89,04%
	29	24/07/2020	12,00	10,90	28.000	26.932	2	0,82	5,7	90,83%	96,19%	87,37%
	30	25/07/2020	12,00	10,70	28.000	26.932	2	0,82	5,7	89,17%	96,19%	85,77%
semana 6	31	27/07/2020	12,00	10,70	28.000	27.184	2	0,82	5,7	89,17%	97,09%	86,57%
	32	29/07/2020	12,00	11,00	28.000	26.932	2	0,82	5,7	91,67%	96,19%	88,17%
	33	30/07/2020	12,00	11,00	28.000	26.932	2	0,82	5,7	91,67%	96,19%	88,17%
	34	31/07/2020	12,00	11,20	28.000	27.451	2	0,82	5,7	93,33%	98,04%	91,50%
	35	1/08/2020	12,00	11,00	28.000	27.194	2	0,82	5,7	91,67%	97,12%	89,03%
	36	3/08/2020	12,00	11,30	28.000	27.194	2	0,82	5,7	94,17%	97,12%	91,46%
semana 7	37	4/08/2020	12,00	11,00	28.000	27.451	2	0,82	5,7	91,67%	98,04%	89,87%
	38	5/08/2020	12,00	11,00	28.000	27.451	2	0,82	5,7	91,67%	98,04%	89,87%
	39	6/08/2020	12,00	10,90	28.000	27.451	2	0,82	5,7	90,83%	98,04%	89,05%
	40	7/08/2020	12,00	11,20	28.000	27.451	2	0,82	5,7	93,33%	98,04%	91,50%
	41	8/08/2020	12,00	10,90	28.000	27.451	2	0,82	5,7	90,83%	98,04%	89,05%
	42	10/08/2020	12,00	11,20	28.000	27.194	2	0,82	5,7	93,33%	97,12%	90,65%
semana 8	43	11/08/2020	12,00	11,20	28.000	27.194	2	0,82	5,7	93,33%	97,12%	90,65%
	44	12/08/2020	12,00	10,90	28.000	27.194	2	0,82	5,7	90,83%	97,12%	88,22%
	45	13/08/2020	12,00	11,00	28.000	27.194	2	0,82	5,7	91,67%	97,12%	89,03%
	46	14/08/2020	12,00	10,90	28.000	27.194	2	0,82	5,7	90,83%	97,12%	88,22%
	47	15/08/2020	12,00	11,30	28.000	27.194	2	0,82	5,7	94,17%	97,12%	91,46%
	48	17/08/2020	12,00	11,00	28.000	27.451	2	0,82	5,7	91,67%	98,04%	89,87%

semana 9	49	18/08/2020	12,00	11,20	28.000	27.451	2	0,82	5,7	93,33%	98,04%	91,50%
	50	19/08/2020	12,00	11,00	28.000	27.451	2	0,82	5,7	91,67%	98,04%	89,87%
	51	20/08/2020	12,00	11,30	28.000	27.451	2	0,82	5,7	94,17%	98,04%	92,32%
	52	21/08/2020	12,00	11,20	28.000	26.932	2	0,82	5,7	93,33%	96,19%	89,77%
	53	22/08/2020	12,00	11,20	28.000	26.932	2	0,82	5,7	93,33%	96,19%	89,77%
	54	24/08/2020	12,00	11,20	28.000	26.932	2	0,82	5,7	93,33%	96,19%	89,77%
semana 10	55	25/08/2020	12,00	11,20	28.000	27.451	2	0,82	5,7	93,33%	98,04%	91,50%
	56	26/08/2020	12,00	11,00	28.000	27.451	2	0,82	5,7	91,67%	98,04%	89,87%
	57	27/08/2020	12,00	11,20	28.000	27.451	2	0,82	5,7	93,33%	98,04%	91,50%
	58	28/08/2020	12,00	11,30	28.000	27.451	2	0,82	5,7	94,17%	98,04%	92,32%
	59	29/08/2020	12,00	11,30	28.000	27.451	2	0,82	5,7	94,17%	98,04%	92,32%
	60	31/08/2020	12,00	11,30	28.000	26.932	2	0,82	5,7	94,17%	96,19%	90,57%
semana 11	61	1/09/2020	12,00	11,30	28.000	27.451	2	0,82	5,7	94,17%	98,04%	92,32%
	62	2/09/2020	12,00	11,00	28.000	27.451	2	0,82	5,7	91,67%	98,04%	89,87%
	63	3/09/2020	12,00	11,30	28.000	26.932	2	0,82	5,7	94,17%	96,19%	90,57%
	64	4/09/2020	12,00	11,20	28.000	27.718	2	0,82	5,7	93,33%	98,99%	92,39%
	65	5/09/2020	12,00	11,30	28.000	27.718	2	0,82	5,7	94,17%	98,99%	93,22%
	66	7/09/2020	12,00	11,20	28.000	26.932	2	0,82	5,7	93,33%	96,19%	89,77%
semana 12	67	8/09/2020	12,00	11,30	28.000	26.932	2	0,82	5,7	94,17%	96,19%	90,57%
	68	9/09/2020	12,00	11,00	28.000	26.932	2	0,82	5,7	91,67%	96,19%	88,17%
	69	10/09/2020	12,00	11,30	28.000	26.932	2	0,82	5,7	94,17%	96,19%	90,57%
	70	11/09/2020	12,00	11,00	28.000	26.932	2	0,82	5,7	91,67%	96,19%	88,17%
	71	12/09/2020	12,00	11,30	28.000	27.718	2	0,82	5,7	94,17%	98,99%	93,22%
	72	13/09/2020	12,00	11,30	28.000	26.932	2	0,82	5,7	94,17%	96,19%	90,57%

FUENTE: Elaboración propia.

EVOLUCIÓN DE LOS INDICADORES DEL PROCESO

Tabla 16. Indicadores del Proceso.

INDICADOR	UNIDADES	FRECUENCIA	META	OBJETIVO		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE
ACTUAL														
Tonelaje producido	Tm	mensual	750	Incrementar	>= 750	730	742	400			650	760	842	842
Mano de obra	Horas Hombre	mensual	2880	Reducir	<= 2600	2880	2880	2880			2640	2400	2160	2160

FUENTE: Elaboración propia.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA

Tabla 17. Inversiones tangibles.

CLASIFICACIÓN	RECURSOS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO POR INVESTIGADOR	COSTO TOTAL
MODIFICACIÓN DE MODELO DE PIEZA FUNDIDA	COSTO POR MODIFICACIÓN DE MODELO DE PIEZA FUNDIDA CONFORME A NUEVO DISEÑO	UND	1	S/ 30,000.00	S/ 30,000.00	S/ 30,000.00
MATERIALES DE OFICINA	COSTO DE MATERIALES DE OFICINA DEL INVESTIGADOR	UND	1	S/ 300.00	S/ 300.00	S/ 300.00
						S/30,300.00

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 18. Inversiones intangibles.

CLASIFICACIÓN	RECURSOS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO POR INVESTIGADOR	COSTO TOTAL
ASESORIA	COSTO POR EL TIEMPO INVERTIDO POR EL INVESTIGADOR	HORAS	240	S/ 6,000.00	S/ 6,000.00	S/ 6,000.00
INTERNET	COSTO DE INTERNET DEL INVESTIGADOR	UND	1	S/ 600.00	S/ 600.00	S/ 600.00
						S/ 6,600.00

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 19. Costo de mano de obra antes de la mejora.

MANO DE OBRA	CANTIDAD	SUELDO MENSUAL	COSTO DE MANO DE OBRA	COSTO TOTAL
SUPERVISOR DE TURNO	2	S/ 3,000.00	S/ 6,000.00	S/ 21,600.00
OPERADOR DE GRÚA	2	S/ 1,800.00	S/ 3,600.00	
OPERARIO ESMERILADOR	8	S/ 1,500.00	S/ 12,000.00	

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 20. Consumo de horas hombre antes de la mejora.

MANO DE OBRA	CANTIDAD	HORAS HOMBRE MENSUAL	HORAS HOMBRE DE MANO DE OBRA	HORAS HOMBRE TOTALES
SUPERVISOR DE TURNO	2	240	480	2880
OPERADOR DE GRÚA	2	240	480	
OPERARIO ESMERILADOR	8	240	1920	

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 21. Costo de materiales y mantenimiento antes de la mejora.

OTROS COSTOS	CONSUMO MENSUAL (UND)	COSTO MENSUAL	COSTO TOTAL
MATERIALES ABRASIVOS	29	S/ 42,750.00	S/ 59,742.00
MANTENIMIENTO	1	S/ 16,992.00	

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 22. Costo de mano de obra después de la mejora.

MANO DE OBRA	CANTIDAD	SUELDO MENSUAL	COSTO DE MANO DE OBRA	COSTO TOTAL
SUPERVISOR DE TURNO	2	S/ 3,000.00	S/ 6,000.00	S/ 17,100.00
OPERADOR DE GRÚA	2	S/ 1,800.00	S/ 3,600.00	
OPERARIO ESMERILADOR	5	S/ 1,500.00	S/ 7,500.00	

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 23. Consumo de horas hombre después de la mejora.

MANO DE OBRA	CANTIDAD	HORAS HOMBRE MENSUAL	COSTO DE MANO DE OBRA	HORAS HOMBRE TOTALES
SUPERVISOR DE TURNO	2	240	480	2160
OPERADOR DE GRÚA	2	240	480	
OPERARIO ESMERILADOR	5	240	1200	

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 24. Costo de mano de obra después de la mejora.

OTROS COSTOS	CONSUMO MENSUAL (UND)	COSTO MENSUAL	COSTO TOTAL
MATERIALES ABRASIVOS	23	S/ 34,050.00	S/ 51,042.00
MANTENIMIENTO	1	S/ 16,992.00	

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 25. Evaluación económica de la solución. FUENTE: Elaboración propia.

FLUJO DE CAJA DE LA APLICACIÓN DEL ESTUDIO DEL TRABAJO EN EL ÁREA DE ESMERILADO DE PIEZAS FUNDIDAS

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Costos Pre		S/81,342.00	S/81,342.00	S/81,342.00	S/81,342.00	S/81,342.00	S/81,342.00	S/81,342.00	S/81,342.00	S/81,342.00	S/81,342.00	S/81,342.00	S/81,342.00
MATERIALES		S/42,750.00	S/42,750.00	S/42,750.00	S/42,750.00	S/42,750.00	S/42,750.00	S/42,750.00	S/42,750.00	S/42,750.00	S/42,750.00	S/42,750.00	S/42,750.00
MANO DE OBRA		S/21,600.00	S/21,600.00	S/21,600.00	S/21,600.00	S/21,600.00	S/21,600.00	S/21,600.00	S/21,600.00	S/21,600.00	S/21,600.00	S/21,600.00	S/21,600.00
MANTENIMIENTO		S/16,992.00	S/16,992.00	S/16,992.00	S/16,992.00	S/16,992.00	S/16,992.00	S/16,992.00	S/16,992.00	S/16,992.00	S/16,992.00	S/16,992.00	S/16,992.00
Costos Post		S/73,792.00	S/71,142.00	S/68,142.00	S/68,142.00	S/68,142.00	S/68,142.00	S/68,142.00	S/68,142.00	S/68,142.00	S/68,142.00	S/68,142.00	S/68,142.00
MATERIALES		S/36,700.00	S/35,550.00	S/34,050.00	S/34,050.00	S/34,050.00	S/34,050.00	S/34,050.00	S/34,050.00	S/34,050.00	S/34,050.00	S/34,050.00	S/34,050.00
MANO DE OBRA		S/20,100.00	S/18,600.00	S/17,100.00	S/17,100.00	S/17,100.00	S/17,100.00	S/17,100.00	S/17,100.00	S/17,100.00	S/17,100.00	S/17,100.00	S/17,100.00
MANTENIMIENTO		S/16,992.00	S/16,992.00	S/16,992.00	S/16,992.00	S/16,992.00	S/16,992.00	S/16,992.00	S/16,992.00	S/16,992.00	S/16,992.00	S/16,992.00	S/16,992.00
Beneficio		S/7,550.00	S/10,200.00	S/13,200.00	S/13,200.00	S/13,200.00	S/13,200.00	S/13,200.00	S/13,200.00	S/13,200.00	S/13,200.00	S/13,200.00	S/13,200.00
Inversiones Tangibles	S/30,300.00												
MODIFICACIÓN DE MODELO	S/30,000.00												
UTILES DE OFICINA	S/300.00												
Inversiones Intangibles	S/6,600.00												
ASESORIA	S/6,000.00												
INTERNET	S/600.00												
TOTALES NETOS	-S/36,900.00	S/7,550.00	S/10,200.00	S/13,200.00	S/13,200.00	S/13,200.00	S/13,200.00	S/13,200.00	S/13,200.00	S/13,200.00	S/13,200.00	S/13,200.00	S/13,200.00
Cálculo del VAN	S/37,429.52												
Costo de Oportunidad del capital=	12.0%												
Cálculo de la TIRE	29.24%												
Cálculo del ratio Beneficio / Costo	2.01												

Tabla 26. Cronograma de la investigación.



FUENTE: Elaboración propia.

3.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Conforme indica (Valderrama 2017) en esta parte de la investigación el investigador realiza el procesamiento estadístico de los datos obtenidos a través de sus instrumentos de investigación. Para este fin se usan técnicas de consistenciación, de clasificación de la información y de tabulación de datos. La información procesada será posteriormente descrita e interpretada atendiendo al análisis estadístico descriptivo y a los análisis estadísticos inferencial.

3.7. ASPECTOS ÉTICOS

El presente proyecto de investigación a lo largo de su desarrollo ha logrado cumplir con los criterios y parámetros establecidos para el desarrollo del diseño de investigación cuantitativa que la facultad y la Universidad Cesar Vallejo solicita a cada uno de sus estudiantes.

En tal sentido, teniendo en consideración el respeto total a la propiedad intelectual de la empresa en la que se desarrolló la investigación se mantendrá en total anonimato el nombre de esta. y los productos fabricados del laboratorio en investigación y se mantuvo el respeto al área investigada. Además, al haber revisado investigaciones que se han utilizado como antecedentes de investigación, cada autor consultado ha sido correctamente usando la norma de referencias ISO 690.

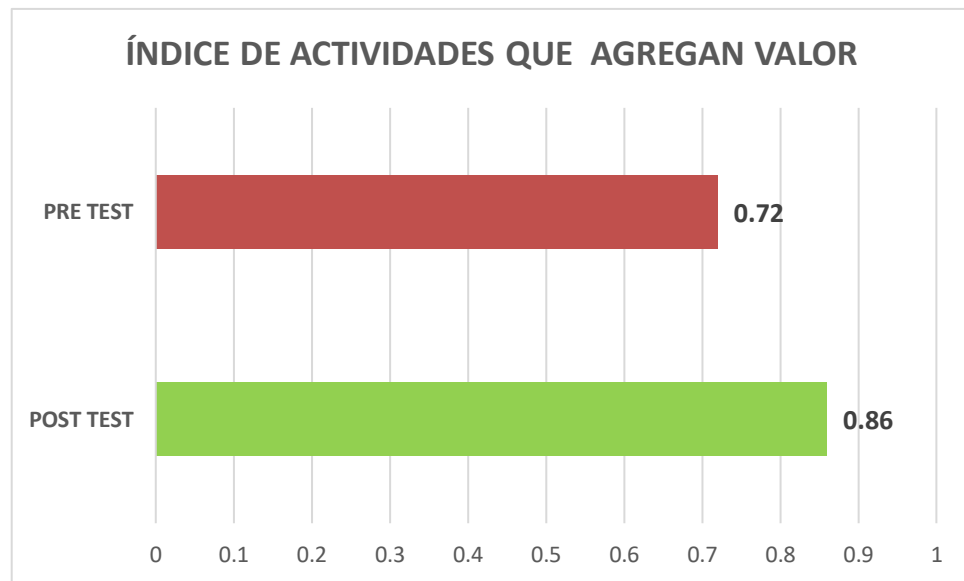
IV. RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO

- **VARIABLE INDEPENDIENTE: ESTUDIO DE TRABAJO**

DIMENSIÓN 1: ESTUDIO DE MÉTODOS

Figura 39. Comparación de índices de actividades pre-test y post-test.



FUENTE: Elaboración propia.

En la figura 39, se muestra la medición del indicador índice de actividades de la dimensión estudio de métodos tanto en la etapa de pre-test y de post-test.

En ambos casos se la medición se realizó una sola vez en cada etapa del desarrollo de la investigación, por lo que la presente medición es transeccional.

Asimismo, se observa un incremento del valor del indicador índice de actividades en la etapa post-test con respecto a la etapa pre-test.

Esto es debido a la reducción de las actividades de traslado en el proceso estudiado. Las actividades totales se redujeron de 29 en método inicial a 18 en el nuevo método implementado.

DIMENSIÓN 2: MEDICIÓN DEL TRABAJO

Figura 40. Comparación de tiempos estándar pre-test y post-test.



FUENTE: Elaboración propia.

En la figura 40, se muestra la medición del indicador tiempo estándar de la dimensión medición del trabajo tanto en la etapa de pre-test y de post-test.

En ambos casos se la medición se realizó una sola vez en cada etapa del desarrollo de la investigación, por lo que la presente medición es transeccional.

Asimismo, se observa una disminución del valor del indicador tiempo estándar en la etapa post-test con respecto a la etapa pre-test.

Esto es debido a la reducción de las actividades de traslado en el proceso estudiado. El tiempo estándar se redujo de 735.7 minutos en método inicial a 379.6 minutos en el nuevo método implementado.

- **VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD**

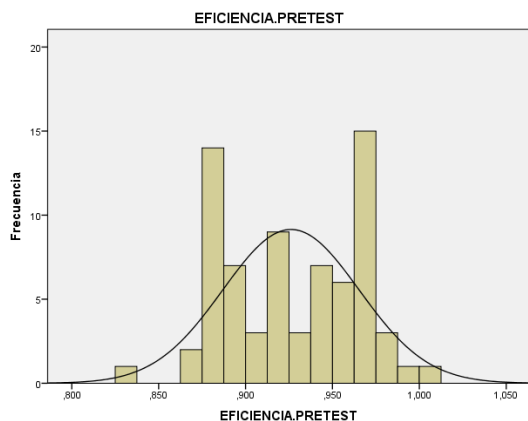
DIMENSIÓN 1: EFICIENCIA

Tabla 27. Estadística descriptiva de Eficiencia.

Estadísticos			
		EFICIENCIA.PRETEST	EFICIENCIA.POSTTEST
N	Válido	72	72
	Perdidos	2	2
Media		0,87186	0,92261
Mediana		0,87500	0,91700
Desviación estándar		0,016288	0,015061
Asimetría		0,186	-0,213
Error estándar de asimetría		0,283	0,283
Curtosis		-1,175	-1,004
Error estándar de curtosis		0,559	0,559

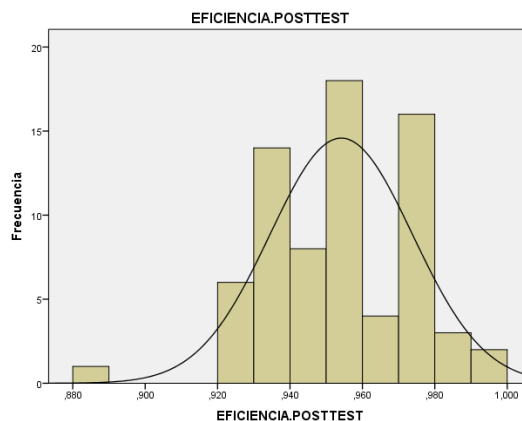
FUENTE: Elaboración propia en software SPSS 24.

Figura 41. Histograma de eficiencia pre-test.



FUENTE: Elaboración propia en SPSS 24.

Figura 42. Histograma de eficiencia post-test.



FUENTE: Elaboración propia en SPSS 24.

Conforme podemos observar en el estadístico mostrado en la tabla N°27 los parámetros más resaltantes del análisis estadístico descriptivo de la dimensión eficiencia en la etapa pre-test (figura 41) y en la etapa post-test (figura 42) son:

Media: Existe un incremento el valor de la media entre los datos de la eficiencia registrados en la etapa post-test (0.92261) respecto a los datos registrados en la etapa pre-test (0.87186), lo que representa una mejora en esta dimensión luego de la implementación de la mejora en el proceso en estudio.

Desviación estándar: Se aprecia una disminución el valor de la desviación estándar de los datos de la eficiencia registrados en la etapa post-test (0.015061) respecto a los datos registrados en la etapa pre-test (0.016288), lo que representa una menor variación de los valores obtenidos en la etapa post-test respecto a la etapa pre-test.

Asimetría: La observación más significativa es que el valor de la asimetría es negativo en el post test presentan, lo que representa mayor cantidad de agrupamiento de datos sobre el valor de la media.

Curtosis: Se observa que el valor de la curtosis de los datos de la eficiencia registrados en la etapa post-test (-1.004) es más cercano a cero que en la etapa pre-test (-1.175), lo que significa que existe mayor concentración de los valores en torno a su media en la etapa post-test.

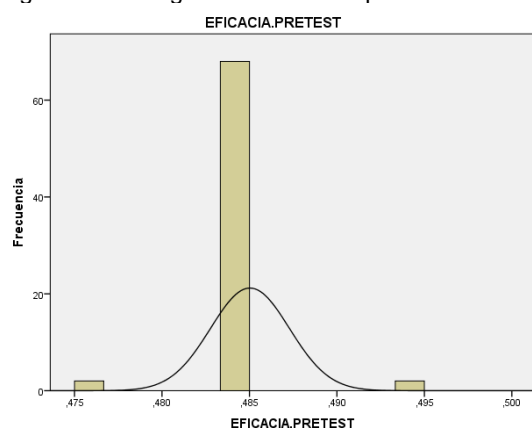
DIMENSIÓN 2: EFICACIA

Tabla 28. Estadística descriptiva de Eficacia.

Estadísticos		EFICACIA.PRETEST	EFICACIA.POSTTEST
N	Válido	72	74
	Perdidos	2	0
Media		0,48503	0,97408
Mediana		0,48500	0,98000
Desviación estándar		0,002258	0,008274
Asimetría		0,644	-0,346
Error estándar de asimetría		0,283	0,279
Curtosis		16,369	-1,080
Error estándar de curtosis		0,559	0,552

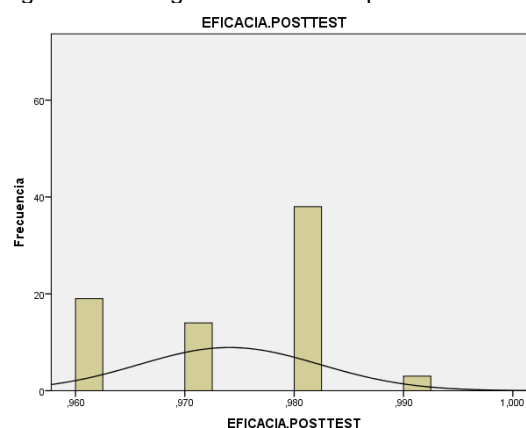
FUENTE: Elaboración propia en software SPSS 24.

Figura 43. Histograma de eficacia pre-test.



FUENTE: Elaboración propia en SPSS 24.

Figura 44. Histograma de eficacia post-test.



FUENTE: Elaboración propia en SPSS 24.

Conforme podemos observar en el estadístico mostrado en la tabla N°28 los parámetros más resaltantes del análisis estadístico descriptivo de la dimensión eficacia en la etapa pre-test (figura 43) y en la etapa post-test (figura 44) son:

Media: Existe un incremento significativo en el valor de la media entre los datos de la eficacia registrados en la etapa post-test (0.97408) respecto a los datos registrados en la etapa pre-test (0.48503), lo que representa un incremento del 100.8% en esta dimensión luego de la implementación de la mejora en el proceso en estudio.

Desviación estándar: Se aprecia un incremento del valor de la desviación estándar de los datos de la eficacia registrados en la etapa post-test (0.008274) respecto a los datos registrados en la etapa pre-test (0.002258), lo que representa un aumento de la variación de los valores obtenidos en la etapa post-test respecto a la etapa pre-test. Esto es producido por la variación de los pesos unitarios en toneladas de las piezas procesadas.

Asimetría: La observación más significativa es que el valor de la asimetría es negativo en la etapa post test a diferencia que en la etapa pre test. Los valores obtenidos en la etapa post test presentan una mayor proporción de datos agrupados sobre el valor de la media que en la etapa pre test.

Curtosis: Se observa que el valor de la curtosis de los datos de la eficacia registrados en la etapa post-test (-1.080) es negativo respecto a los datos registrados en la etapa pre-test (16.369). Por lo tanto, en la etapa post test los datos tienen una mayor tendencia platocúrtica ocasionada por el efecto de la desviación estándar en esta etapa.

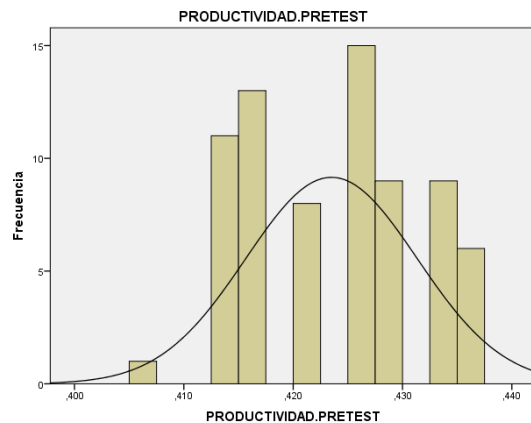
PRODUCTIVIDAD

Tabla 29. Estadística descriptiva de productividad.

Estadísticos		PRODUCTIVIDAD.PRETEST	PRODUCTIVIDAD.POSTTEST
N	Válido	72	72
	Perdidos	2	2
Media		0,42350	0,89531
Mediana		0,42500	0,89800
Desviación estándar		0,007842	0,018795
Asimetría		0,038	-0,019
Error estándar de asimetría		0,283	0,283
Curtosis		-0,880	-0,787
Error estándar de curtosis		0,559	0,559

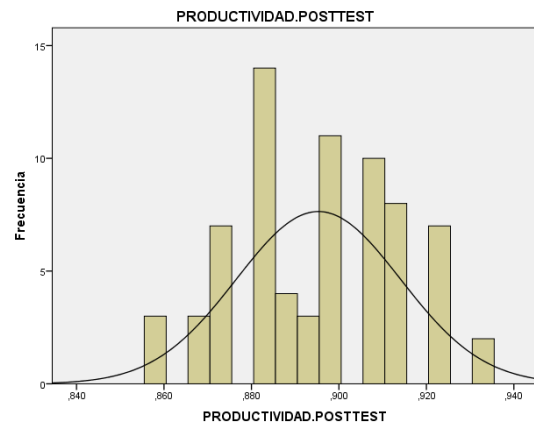
FUENTE: Elaboración propia en software SPSS 24.

Figura 45. Histograma de productividad pre-test.



FUENTE: Elaboración propia en SPSS 24.

Figura 46. Histograma de productividad post-test.



FUENTE: Elaboración propia en SPSS 24.

Conforme podemos observar en el estadístico mostrado en la tabla N°29 los parámetros más resaltantes del análisis estadístico descriptivo de la productividad en la etapa pre-test (figura 45) y en la etapa post-test (figura 46) son:

Media: Existe un incremento significativo en el valor de la media entre los datos de la productividad registrados en la etapa post-test (0.89531) respecto a los datos registrados en la etapa pre-test (0.42350), lo que representa un incremento del 111.4% en esta dimensión luego de la implementación de la mejora en el proceso en estudio.

Desviación estándar: Se aprecia un incremento del valor de la desviación estándar de los datos de la productividad registrados en la etapa post-test (0.018795) respecto a los datos registrados en la etapa pre-test (0.007842) lo que representa un aumento de la variación de los valores obtenidos en la etapa post-test respecto a la etapa pre-test. Esto es producido por la variación de los pesos unitarios en toneladas de las piezas procesadas.

Asimetría: La observación más significativa es que el valor de la asimetría es negativo en la etapa post test a diferencia que en la etapa pre test. Los valores obtenidos en la etapa post test presentan una mayor proporción de datos agrupados sobre el valor de la media que en la etapa pre test.

Curtosis: Se observa que los valores de la curtosis de los datos de la productividad son negativos tanto en la etapa post-test (-0.787) como en la etapa pre test (-0.880). Los datos en ambas etapas tienen una tendencia platycúrtica ocasionada por el efecto de la desviación estándar

4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO INFERENCIAL

ANÁLISIS DE LA HIPÓTESIS GENERAL																																	
FORMULACIÓN DE LAS HIPOTESIS																																	
H ₀ : La aplicación del Estudio del Trabajo no mejora la productividad del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020.																																	
H ₁ : La aplicación del Estudio del Trabajo mejora la productividad del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020.																																	
PRUEBA DE NORMALIDAD																																	
<div>PRUEBAS DE NORMALIDAD</div> <table><thead><tr><th rowspan="2"></th><th colspan="3">Kolmogorov-Smirnov^a</th><th colspan="3">Shapiro-Wilk</th></tr><tr><th>Estadístico</th><th>gl</th><th>Sig.</th><th>Estadístico</th><th>gl</th><th>Sig.</th></tr></thead><tbody><tr><td>PRODUCTIVIDAD.PRETEST</td><td>,144</td><td>72</td><td>,001</td><td>,945</td><td>72</td><td>,003</td></tr><tr><td>PRODUCTIVIDAD.POSTTEST</td><td>,136</td><td>72</td><td>,002</td><td>,966</td><td>72</td><td>,051</td></tr></tbody></table> <div>a. Corrección de significación de Lilliefors</div>								Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	PRODUCTIVIDAD.PRETEST	,144	72	,001	,945	72	,003	PRODUCTIVIDAD.POSTTEST	,136	72	,002	,966	72	,051
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk																													
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.																											
PRODUCTIVIDAD.PRETEST	,144	72	,001	,945	72	,003																											
PRODUCTIVIDAD.POSTTEST	,136	72	,002	,966	72	,051																											
PRODUCTIVIDAD PRE TEST (0.001) : Es menor a α=0.05, los valores obedecen a una distribución no paramétrica.																																	
PRODUCTIVIDAD POST TEST (0.002) : Es menor a α=0.05, los valores obedecen a una distribución no paramétrica.																																	
ELECCIÓN DE PRUEBA ESTADISTICA																																	
Dado que los valores de ambos grupos de datos no tienen la misma distribución se utilizará la prueba estadística no paramétrica de Wilconxon.																																	
<div>ESTADÍSTICOS DE PRUEBA^a</div> <div>PRODUCTIVIDAD.POSTTEST</div> <div>- PRODUCTIVIDAD.PRETEST</div> <table><tbody><tr><td>Z</td><td>-7,378^b</td></tr><tr><td>Sig. asintótica (bilateral)</td><td>,000</td></tr></tbody></table> <div>a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon</div> <div>b. Se basa en rangos negativos.</div>							Z	-7,378 ^b	Sig. asintótica (bilateral)	,000																							
Z	-7,378 ^b																																
Sig. asintótica (bilateral)	,000																																
p-valor es mayor a α=0.05 se acepta la hipótesis nula.																																	
p-valor es menor a α=0.05 se acepta la hipótesis del investigador.																																	
TOMA DE DECISIÓN																																	
Conforme al valor obtenido en la prueba estadística no paramétrica de Wilconxon el p-valor resultante es 0,000. Por lo tanto, se infiere que ambos grupos son distintos y que existe una diferencia significativa entre los valores de la productividad pre test y respecto a los valores de la productividad post test.																																	
En tal sentido se acepta la hipótesis del investigador: La aplicación del Estudio del Trabajo mejora la productividad del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020.																																	

ANÁLISIS DE LA HIPÓTESIS ESPECIFICA 1																																							
FORMULACIÓN DE LAS HIPOTESIS																																							
H ₀ : La aplicación del Estudio del Trabajo no mejora la eficiencia del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020.																																							
H ₁ : La aplicación del Estudio del Trabajo mejora la eficiencia del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020.																																							
PRUEBA DE NORMALIDAD																																							
<table><tr><th rowspan="3"></th><th colspan="6">PRUEBAS DE NORMALIDAD</th></tr><tr><th colspan="3">Kolmogorov-Smirnov^a</th><th colspan="3">Shapiro-Wilk</th></tr><tr><th>Estadístico</th><th>gl</th><th>Sig.</th><th>Estadístico</th><th>gl</th><th>Sig.</th></tr><tr><td>EFICIENCIA.PRETEST</td><td>,164</td><td>72</td><td>,000</td><td>,915</td><td>72</td><td>,000</td></tr><tr><td>EFICIENCIA.POSTTEST</td><td>,199</td><td>72</td><td>,000</td><td>,896</td><td>72</td><td>,000</td></tr></table>								PRUEBAS DE NORMALIDAD						Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	EFICIENCIA.PRETEST	,164	72	,000	,915	72	,000	EFICIENCIA.POSTTEST	,199	72	,000	,896	72	,000
	PRUEBAS DE NORMALIDAD																																						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk																																			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.																																	
EFICIENCIA.PRETEST	,164	72	,000	,915	72	,000																																	
EFICIENCIA.POSTTEST	,199	72	,000	,896	72	,000																																	
a. Corrección de significación de Lilliefors																																							
EFICIENCIA PRE TEST (0.000): Es menor a α=0.05, los valores obedecen a una distribución no paramétrica.																																							
EFICIENCIA POST TEST (0.000): Es menor a α=0.05, los valores obedecen a una distribución no paramétrica.																																							
ELECCIÓN DE PRUEBA ESTADISTICA																																							
Dado que los valores de significancia de ambos grupos reflejan una distribución de datos no paramétrica se utilizará la prueba estadística no paramétrica de Wilconxon.																																							
<table><tr><th colspan="2">ESTADÍSTICOS DE PRUEBA^a</th></tr><tr><td></td><td>EFICIENCIA.POSTTEST</td></tr><tr><td></td><td>- EFICIENCIA.PRETEST</td></tr><tr><td>Z</td><td>-7,323^b</td></tr><tr><td>Sig. asintótica (bilateral)</td><td>,000</td></tr></table>							ESTADÍSTICOS DE PRUEBA ^a			EFICIENCIA.POSTTEST		- EFICIENCIA.PRETEST	Z	-7,323 ^b	Sig. asintótica (bilateral)	,000																							
ESTADÍSTICOS DE PRUEBA ^a																																							
	EFICIENCIA.POSTTEST																																						
	- EFICIENCIA.PRETEST																																						
Z	-7,323 ^b																																						
Sig. asintótica (bilateral)	,000																																						
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon																																							
b. Se basa en rangos negativos.																																							
p-valor es mayor a α=0.05 se acepta la hipótesis nula.																																							
p-valor es menor a α=0.05 se acepta la hipótesis del investigador.																																							
TOMA DE DECISIÓN																																							
Conforme al valor obtenido en la prueba estadística no paramétrica de Wilconxon el p-valor resultante es 0,000. Por lo tanto, se infiere que ambos grupos son distintos y que existe una diferencia significativa entre los valores de la eficiencia pre test y respecto a los valores de la eficiencia post test.																																							
En tal sentido se acepta la hipótesis del investigador: La aplicación del Estudio del Trabajo mejora la eficiencia del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020.																																							

ANÁLISIS DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2						
FORMULACIÓN DE LAS HIPÓTESIS						
H ₀ : La aplicación del Estudio del Trabajo no mejora la eficacia del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020.						
H1: La aplicación del Estudio del Trabajo mejora la eficacia del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020.						
PRUEBA DE NORMALIDAD						
PRUEBAS DE NORMALIDAD						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
EFICACIA.PRETEST	,477	72	,000	,300	72	,000
EFICACIA.POSTTEST	,319	72	,000	,785	72	,000
a. Corrección de significación de Lilliefors						
EFICACIA PRE TEST (0.000): Es menor a α=0.05, los valores obedecen a una distribución no paramétrica.						
EFICACIA POST TEST (0.000): Es menor a α=0.05, los valores obedecen a una distribución no paramétrica.						
ELECCIÓN DE PRUEBA ESTADÍSTICA						
Dado que los valores de ambos grupos de datos no tienen una distribución del tipo normal se utilizará la prueba estadística no paramétrica de Wilconxon.						
ESTADÍSTICOS DE PRUEBA ^a						
	EFICACIA.POSTTEST - EFICACIA.PRETEST					
Z	-7,493 ^b					
Sig. asintótica (bilateral)	,000					
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon						
b. Se basa en rangos negativos.						
p-valor es mayor a α=0.05 se acepta la hipótesis nula.						
p-valor es menor a α=0.05 se acepta la hipótesis del investigador.						
TOMA DE DECISIÓN						
Conforme al valor obtenido en la prueba estadística no paramétrica de Wilconxon el p-valor resultante es 0,000. Por lo tanto, se infiere que ambos grupos son distintos y que existe una diferencia significativa entre los valores de la eficacia pre test y respecto a los valores de la eficacia post test.						
En tal sentido se acepta la hipótesis del investigador: La aplicación del Estudio del Trabajo mejora la eficacia del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020.						

V. DISCUSIÓN

En la presente tesis titulada “Aplicación del estudio del trabajo para mejorar la productividad del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020”.

Conforme a los resultados obtenidos en la presente investigación aceptamos la hipótesis alternativa general que establece que la aplicación del estudio del trabajo mejora la productividad del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020.

Estos resultados guardan relación con las tesis y artículos científicos que componen los antecedentes de la aplicación del estudio del trabajo en diferentes procesos. Asimismo, en la presente investigación como resultado de la aplicación del estudio de trabajo en el proceso de esmerilado de una empresa de fundición se logró un aumento de la productividad de 42.35% etapa pre-test a 89.53% en la etapa post-test lo que representa incremento del 111.4% luego de la implementación de la mejora en el proceso estudiado.

Este incremento de productividad alcanzado guarda similitud a los resultados alcanzados en la investigación de:

Colan (2017), donde la productividad aumentó de 45% a 79%, que representan un incremento en la productividad de 75%. De igual manera, Carrión (2018) en su investigación obtuvo un incremento de 17% de la productividad. De la misma forma, Conde (2017) logró un incrementó de 15.37% de la productividad. De manera similar, Alarcón, Jiménez (2020) en su investigación alcanzaron mejorar la productividad de 68.13% a un 86.46%, incrementando en un 18.33%. Igualmente, Izaguirre, Villar, Gutiérrez (2016) consiguieron mejorar la capacidad productiva de 200 a 360 bidones diarios, logrando un incremento de la productividad de 80%.

Asimismo, Dila Sari, Hardiansa, Ragil (2018)(Colan 2017), consiguieron mejorar la capacidad productiva de a 223 unidades diarias, a 291 unidades por día, logrando un incremento de la productividad de 30.5%. De igual manera, Moktadir, Ahmed, Tuj, Sultana (2017) en su investigación obtuvieron un incremento de 12.71% de la productividad. De la misma forma, Duran, Cetindere, Aksu (2015) (Conde 2017) lograron mejorar la capacidad productiva de 155 unidades diarias, a 237 unidades por día, logrando un incremento de la productividad de 52.9%. De manera similar, Jain, Gupta, Meena, Dangayach (2016) en su investigación alcanzaron incrementar la productividad en 17.69%.

En la presente investigación como resultado de la aplicación del estudio de trabajo en el proceso de esmerilado de una empresa de fundición se logró la mejora del indicador índice de actividades correspondiente a la dimensión estudio de métodos de la variable independiente.

El índice de actividades medido en la etapa pre-test fue de 0.72 con un total de 29 actividades y luego de la mejora implementada en la etapa post-test el índice de actividades medido fue de 0.86 con un total de 18 actividades, que se consiguió por medio de la disminución de actividades de traslado en el proceso de esmerilado.

De igual manera, en la presente investigación como resultado de la aplicación del estudio de trabajo en el proceso de esmerilado de una empresa de fundición se logró la reducción del indicador tiempo estándar correspondiente a la dimensión medición del trabajo de la variable independiente.

El tiempo estándar medido en la etapa pre-test fue de 735.7 minutos y luego de la mejora implementada en la etapa post-test el tiempo estándar medido fue de 379.6 minutos. Se logró una reducción del tiempo estándar en 48.4% a través de la disminución de actividades de traslado en el proceso de esmerilado.

En la presente tesis los resultados alcanzados en relación con la disminución del tiempo estándar, se guardan similitudes con las investigaciones de:

Colan (2017), donde la productividad aumentó de 45% a 79%, que representan un incremento en la productividad de 75%. De igual manera, Carrión (2018) en su investigación obtuvo un incremento de 17% de la productividad. De la misma forma, Conde (2017) logró la reducción de 2.8% en el tiempo estándar. De manera similar, Alarcón, Jiménez (2020) en su investigación alcanzaron mejorar la productividad de 68.13% a un 86.46%, incrementando en un 18.33%. Igualmente, Izaguirre, Villar, Gutiérrez (2016) consiguieron disminuir en 75.16% el tiempo de ciclo de operación

De igual manera, Moktadir, Ahmed, Tuj, Sultana (2017) en su investigación obtuvieron una reducción de 11.25% del tiempo estándar. De la misma forma, Duran, Cetindere, Aksu (2015) (Conde 2017) logró la reducción de 2.8% en el tiempo estándar. De manera similar, Jain, Gupta, Meena, Dangayach (2016) en su investigación alcanzaron una disminución de 17.69% en el tiempo estándar. De manera semejante, Kulkarni, Kulkarni, Gaitonde (2018) consiguieron disminuir en 44% el tiempo de ciclo de operación.

Con respecto a la eficiencia, de acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación aceptamos la primera hipótesis alternativa específica que indica que la aplicación del estudio del trabajo mejora la eficiencia del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020. Donde la aplicación del estudio de trabajo en el proceso de esmerilado de una empresa de fundición se logró un aumento de la eficiencia de 87.2% etapa pre-test a 92.3% en la etapa post-test lo que representa incremento del 5.8% luego de la implementación de la mejora en el proceso estudiado

La mejora de eficiencia obtenida guarda similitud con los resultados alcanzados en las investigaciones de:

Colan (2017), donde la eficiencia tuvo un incremento de 15.5%. De igual manera, Carrión (2018) se alcanza un incremento de la eficiencia de 6.5%. De la misma forma, Conde (2017) logró un incremento de la eficiencia del 4.14%. De manera similar, Alarcón, Jiménez (2020) en su investigación alcanzaron

mejorar la eficiencia de 83.08% a 92.40%, lo que significa un incremento de 9.32%.

De igual manera, Moktadir, Ahmed, Tuj, Sultana (2017) en su investigación alcanzaron un incremento de 12.71% en la eficiencia. De la misma forma, Duran, Cetindere, Aksu (2015) (Conde 2017) obtuvieron un incremento de 53% en la eficiencia

Finalmente, en lo referido a la eficacia, acorde con los resultados conseguidos en la presente investigación aceptamos la segunda hipótesis alternativa específica que señala que la aplicación del estudio del trabajo mejora la eficacia del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020. Donde con la aplicación del estudio de trabajo en el proceso de esmerilado de una empresa de fundición se logró un aumento de la eficacia de 48.5% etapa pre-test a 97.4% en la etapa post-test lo que representa incremento del 100.8% luego de la implementación de la mejora en el proceso estudiado

La mejora de eficacia lograda guarda similitud con los resultados alcanzados en la investigación de Colan (2017), donde se obtuvo un aumento de la eficacia de 63% a 90%, que significa un incremento de 42.8%. De igual manera, Carrión (2018) en su investigación obtuvo un incremento de 13% en la eficacia. Del mismo modo, en la investigación de Dila Sari, Hardiansa, Ragil (2018), se alcanza un incremento de la eficacia de 30.5%. y en la investigación de Alarcón, Jiménez (2020) se alcanza mejorar la eficacia de 82% a 93.33%, lo implica un incremento de 13.78%.

VI. CONCLUSIONES

Las conclusiones del desarrollo de la presente tesis son:

1. Se ha logrado el objetivo general de la presente investigación, determinando que la aplicación del estudio del trabajo mejora la productividad del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020. Obteniendo una mejora de la productividad de 42.35% en la etapa pretest a 89.53% en la etapa post test, lo que significa un incremento de 114.4% en la productividad del proceso de esmerilado de piezas fundidas.
2. Se ha logrado el primer objetivo específico de la presente investigación, determinando que como resultado de la aplicación del estudio del trabajo se mejora la eficiencia del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020. Obteniendo una mejora de la eficiencia de 87.19% en la etapa pretest a 92.26% en la etapa post test, lo que representa un incremento de 5.81% en la eficiencia del proceso de esmerilado de piezas fundidas.
3. Se ha logrado el segundo objetivo específico de la presente investigación, determinando que la aplicación del estudio del trabajo mejora la eficacia del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020 Obteniendo una mejora de la eficacia de 48.5% en la etapa pretest a 97.4% en la etapa post test, lo que representa un incremento de 101% en la eficacia del proceso de esmerilado de piezas fundidas.
4. Asimismo, se ha logrado superar la meta del indicador de toneladas producidas alcanzando 842 toneladas mensuales luego de la aplicación del estudio del trabajo.
5. También, se ha logrado reducir el indicador de horas hombre consumidas alcanzando 2160 horas hombre por mes luego de la aplicación del estudio del trabajo.

VII. RECOMENDACIONES

Las principales recomendaciones resultantes del desarrollo de la presente tesis son:

1. Se recomienda que los indicadores de eficacia, eficiencia y productividad estudiados en la presente tesis se incorporen en el panel de indicadores de desempeño del proceso de esmerilado de piezas fundidas de la empresa; asignado la responsabilidad del seguimiento y control al supervisor encargado. Asimismo, se sugiere que los indicadores mencionados se reporten a la Gerencia de Producción a través de la jefatura del proceso con una frecuencia semanal y mensual con la finalidad de que se incluyan el sistema de toma de decisiones referente al desempeño del personal operativo.
2. En segundo lugar, se recomienda replicar la aplicación del estudio del trabajo en otros procesos de la empresa, en búsqueda de oportunidades de mejora que permitan que las operaciones se realizan de manera más eficiente, brindado mayor seguridad a los trabajadores y manteniendo o incluso mejorando la calidad de los productos fabricados. Se sugiere la aplicación del estudio del trabajo en el proceso moldeo (predecesor) y en el proceso de mecanizado (sucesor).
3. Persiguiendo la mejora continua, se recomienda también complementar o profundizar la presente investigación para reducir la variabilidad del peso de los productos fabricados aplicando la metodología Six Sigma con el fin de poder estandarizar de manera más óptima los parámetros de eficiencia y eficacia con el objetivo de lograr que estos valores presente una distribución del tipo paramétrica en el futuro.
4. Finalmente, se sugiere considerar la evaluación económica de costo beneficio en la creación de un equipo de analistas para la toma de tiempos en los diferentes procesos de producción, con el fin de levantar información y poder abordar nuevos proyectos de mejora usando las metodologías de ingeniería industrial que sean pertinentes para cada caso específico.

REFERENCIAS

ALARCÓN, Kevin and JIMÉNEZ, John, 2020. *Estudio del trabajo para mejorar la productividad en la fabricación de estructuras metálicas en Maquiser E.I.R.L. Comas, 2020*. [online]. Universidad César Vallejo. [Accessed 29 September 2020]. Available from: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46240> Estudio del trabajo para mejorar la productividad en la fabricación de estructuras metálicas en Maquiser E.I.R.L. Comas, 2020

ANDRADE, Adrián, DEL RÍO, César and ALVEAR, Daissy, 2019. A study on time and motion to increase the efficiency of a shoe manufacturing company. *Informacion Tecnologica*. 2019. Vol. 30, no. 3, p. 83–94. DOI 10.4067/S0718-07642019000300083.

BAIN, David, 1985. *Productividad: La solución a los problemas de la empresa*. EDITORIAL MC GRAW-HILL.

BALAMURUGAN, R., KIRUBAGHARAN, R. and RAMESH, C., 2020. Implementation of lean tools and techniques in a connecting rod manufacturing industry. *Materials Today: Proceedings*. 22 April 2020. DOI 10.1016/j.matpr.2020.03.702.

BAROT, R, PATEL, Jay, SHARMA, Balkrushna, RATHOD, Bhargav, SOLANKI, Harshad and PATEL, Yash, 2019. Lean six sigma feasibility and implementation aspect in cast iron foundry. *Materials Today: Proceedings*. 1 January 2019. Vol. 28, p. 1084–1091. DOI 10.1016/j.matpr.2020.01.087.

BELLIDO, Dayann, VILLAR, Lily and ESQUIVEL, Lourdes, 2016. Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad del filete de caballa en aceite vegetal, en la empresa Inversiones Quiaza S.A.C. Chimbote, 2016. *Ingnosis: revista de investigación científica* [online]. 2016. Vol. 2, no. 2. [Accessed 27 September 2020]. DOI <https://doi.org/10.18050/ingnosis.v2i2.2003>. Available from: <http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/INGnosis/article/view/2003/1693>

CAREY, John L., 1973. Productivity in the steel foundries industry. *Monthly Labor Review*. [online]. 1973. Vol. 96, no. 5. [Accessed 24 September 2020]. DOI ISSN 0098-1818. Available from: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=8805348d-ef9d-4c64-ba85-04349b46e14e%40sdc-v-sessmgr03>

CARRASCO, Sergio, 2013. *Metodología de la investigación científica*.

CARRIÓN, Jorge, 2018. *Aplicación del estudio de trabajo para la mejora de la productividad en el área de soldadura de la empresa mq metalúrgica sac.* - Lima 2018.

CHELLADURAI, C., MOHAN, N.S., HARIHARASHAYEE, D., MANIKANDAN, S. and SIVAPERUMAL, P., 2020. Analyzing the casting defects in small scale casting industry. *Materials Today: Proceedings.* 26 June 2020. DOI 10.1016/j.matpr.2020.05.382.

COLAN, Daysi, 2017. *Aplicación del estudio de trabajo para la mejora productiva en la línea de producción del área de fundición en la empresa Fusimec S.A.C. Ancón, 2017.* [online]. Universidad César Vallejo. [Accessed 29 September 2020]. Available from: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/12413Tesis>

CONDE, Guillermo, 2017. *Aplicación del Estudio de Trabajo para incrementar la Productividad en el proceso productivo de planchas para tanques en la empresa HAUG S.A., Lima 2017.* [online]. Universidad César Vallejo. [Accessed 29 September 2020]. Available from: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/22709>

DILA, Amarria, HARDIANSA, Fajri and RAGIL, Muhamad, 2018. Workload assessment on foundry SME to enhance productivity using full time equivalent. *MATEC Web Conf.* [online]. 2018. Vol. 154, no. 1081. [Accessed 25 September 2020]. DOI 10.1051/matecconf/201815401081. Available from: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201815401081>

DOBRUSSKIN, Christoph, 2016. On the Identification of Contradictions Using Cause Effect Chain Analysis. *Procedia CIRP.* 1 January 2016. Vol. 39, p. 221–224. DOI 10.1016/j.procir.2016.01.192.

DURAN, Cengiz, CETINDERE, Aysel and AKSU, Yunus, 2015. Productivity Improvement by Work and Time Study Technique for Earth Energy-glass Manufacturing Company. *Procedia Economics and Finance.* 1 January 2015. Vol. 26, p. 109–113. DOI 10.1016/s2212-5671(15)00887-4.

ESPICHÁN, Rafael, AMADO, Julio and GUTIÉRREZ, Jaime, 2015. Estudio de métodos de trabajo y productividad del proceso de empacado de pollo beneficiado en la empresa San Fernando S.A. Huaral, 2015. *Ingnosis: revista de investigación científica* [online]. 2015. Vol. 2, no. 1. [Accessed 25 September 2020]. DOI <https://doi.org/10.18050/ingnosis.v2i1.1982>. Available from: <http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/INGnosis/article/view/1982/1679>

FERRERAS-HIGUERO, E., LEAL-MUÑOZ, E., GARCÍA DE JALÓN, J., CHACÓN,

E. and VIZÁN, A., 2020. Robot-process precision modelling for the improvement of productivity in flexible manufacturing cells. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 1 October 2020. Vol. 65, p. 101966. DOI 10.1016/j.rcim.2020.101966.

FLORES, Emilio, 2016. *Administración de operaciones*. ISBN 978-612-304-504-3.

GUTIÉRREZ, Humberto, 2010. *Calidad Total y Productividad*. Mexico: EDITORIAL MC GRAW-HILL.

HARIKRISHNAN, R., RAJESWARAN, M., SATHISH KUMAR, S. and DINESH, K., 2020. Productivity improvement in poly-cover packing line through line balancing and automation. *Materials Today: Proceedings*. 8 April 2020. DOI 10.1016/j.matpr.2020.03.253.

HERNANDEZ, Sergio, 2011. *Introducción a la Administración*. 5°. ISBN 9786071506177.

HUBERT, Simon and NADARAJAH, Devika, 2019. Investigating the relationship between industry 4.0 and productivity: A conceptual framework for Malaysian manufacturing firms. *Procedia Computer Science*. 1 January 2019. Vol. 161, p. 696–706. DOI 10.1016/j.procs.2019.11.173.

IZAGUIRRE, Ingrid, VILLAR, Lily and GUTIÉRREZ, Jaime, 2016. Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad en el proceso lavado de envases de agua de mesa en la empresa Q´SED, Chimbote – 2016. *Ingnosis: revista de investigación científica* [online]. 2016. Vol. 2, no. 2. [Accessed 25 September 2020]. DOI <https://doi.org/10.18050/ingnosis.v2i2>. Available from: <http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/INGnosis/article/view/2006/1696>

JAIN, R., GUPTA, S., MEENA, M. L. and DANGAYACH, G. S., 2016. Optimisation of labour productivity using work measurement techniques. *International Journal of Productivity and Quality Management* [online]. 2016. Vol. 19, no. 4, p. 485–510. [Accessed 29 September 2020]. DOI 10.1504/IJPQM.2016.080154. Available from: <http://www.inderscience.com/link.php?id=80154>

KIRAN, D.R., 2020. *Work Organization and Methods Engineering for Productivity*. Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0-12-819956-5.

KUDLA, Alexei U. and BROOK, Olga R., 2018. Quality and Efficiency Improvement Tools for Every Radiologist. *Academic Radiology*. 1 June 2018. Vol. 25, no. 6, p. 757–766. DOI 10.1016/j.acra.2018.02.004.

KULKARNI, Raghunath G., KULKARNI, Vinayak N. and GAITONDE, V. N., 2018. Productivity improvement in assembly workstation of motor winding unit. *Materials Today: Proceedings* [online]. 2018. Vol. 5, no. 11, p. 23518–23525. [Accessed 29 September 2020]. DOI 10.1016/j.matpr.2018.10.139. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214785318324349>

MOHANTY, R.P. and RAJPUT, Illiyas, 1988. Productivity Measurement in a Manufacturing Company. *International Journal of Operations & Production Management*. April 1988. Vol. 8, no. 4, p. 65–78. DOI 10.1108/eb054835.

MOKTADIR, Md, AHMED, Sobur, TUJ, Fatema and SULTANA, Razia, 2017. Productivity Improvement by Work Study Technique: A Case on Leather Products Industry of Bangladesh. *Industrial Engineering & Management*. 2017. Vol. 06, no. 01, p. 1–11. DOI 10.4172/2169-0316.1000207.

MOLINA, Helfer, 2013. *Métodos estadísticos*. ISBN 978-9972-2566-8-4.

MOYA, Rufino, 2017. *Estadística descriptiva*. ISBN 978-9972-38-296-3.

MULUGETA, Lijalem, 2020. Productivity improvement through lean manufacturing tools in Ethiopian garment manufacturing company. *Materials Today: Proceedings*. 5 August 2020. DOI 10.1016/j.matpr.2020.06.599.

NASIR, M., KHAN, A. S., BASRA, S. M.A. and MALIK, A. U., 2020. Improvement in growth, productivity and quality of 'Kinnow' mandarin fruit after exogenous application of Moringa olifera leaf extract. *South African Journal of Botany*. 1 March 2020. Vol. 129, p. 263–271. DOI 10.1016/j.sajb.2019.07.042. L

NIEBEL, Benjamin and FREIVALDS, Andris, 2014. *Ingeniería industrial de Niebel*.

NYEMBA, Wilson R., MOYO, Ranganai T. and MBOHWA, Charles, 2018. Optimization of the casting technology and sustainable manufacture of 100mm grinding balls for the mining Sector in Zimbabwe. *Procedia Manufacturing*. 1 January 2018. Vol. 21, p. 68–75. DOI 10.1016/j.promfg.2018.02.096.

OVALLE, Alex and CÁRDENAS, Aguirre, 2016. ¿Qué ha pasado con la aplicación del estudio de tiempos y movimientos en las últimas dos décadas?: Revisión de la literatura - Dialnet. *Ingeniería Investigación y Desarrollo: I2+D* [online]. 2016. Vol. 16, no. 2, p. 12–31. [Accessed 1 October 2020]. DOI ISSN 2422-4324. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096114>

PAGONE, Emanuele, SALONITIS, Konstantinos and JOLLY, Mark, 2018. Energy and material efficiency metrics in foundries. *Procedia Manufacturing*. 1 January 2018. Vol. 21, p. 421–428. DOI 10.1016/j.promfg.2018.02.140.

PROKOPENKO, Joseph, 1989. *Gestión de la productividad*. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo.

PURUSHOTHAMAN, Mahesh babu, SEADON, Jeff and MOORE, Dave, 2020. Waste reduction using lean tools in a multicultural environment. *Journal of Cleaner Production*. 20 August 2020. Vol. 265, p. 121681. DOI 10.1016/j.jclepro.2020.121681.

SAETTA, Stefano and CALDARELLI, Valentina, 2020. Lean production as a tool for green production: The Green Foundry case study. *Procedia Manufacturing*. 1 January 2020. Vol. 42, p. 498–502. DOI 10.1016/j.promfg.2020.02.042.

SIVARAMAN, P., NITHYANANDHAN, T., LAKSHMINARASIMHAN, S., MANIKANDAN, S. and SAIFUDHEEN, Mohamad, 2020. Productivity enhancement in engine assembly using lean tools and techniques. *Materials Today: Proceedings*. 23 April 2020. DOI 10.1016/j.matpr.2020.04.010.

THORAT, Rohan and MAHESHA, G. T., 2018. Improvement in productivity through TPM Implementation. *Materials Today: Proceedings*. 1 January 2018. Vol. 24, p. 1508–1517. DOI 10.1016/j.matpr.2020.04.470.

TUESTA, Gean, CHIHUALA, Gianina and CALLA, Víctor, 2018. Incremento de la productividad en una empresa conservera de pescado. *Ingnosis: revista de investigación científica* [online]. 2018. Vol. 6, no. 1. [Accessed 27 September 2020]. DOI <https://doi.org/10.18050/ingnosis.v6i1.2559>. Available from: <http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/INGnosis/article/view/2559/2093>

ULUDAĞ, Ahmet Serhat, 2020. Measuring the productivity of selected airports in Turkey. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 1 September 2020. Vol. 141, p. 102020. DOI 10.1016/j.tre.2020.102020.

VALDERRAMA, Santiago, 2017. *Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica*.

VALDIVIESO, Brigitte, MEZA, Heidi and GUTIERREZ, Elia, 2019. Aplicación de la mejora de métodos de trabajo para incrementar la productividad en la producción del filete de anchoas. *Ingnosis: revista de investigación científica* [online]. 2019. Vol. 5, no. 2. [Accessed 25 September 2020].

DOI <https://doi.org/10.18050/ingnosis.v5i2.2333>. Available from:
<http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/INGnosis/article/view/2333/1953>

VENKAT JAYANTH, B., PRATHAP, P., SIVARAMAN, P., YOGESH, S. and MADHU, S., 2020. Implementation of lean manufacturing in electronics industry. *Materials Today: Proceedings*. 28 March 2020. DOI 10.1016/j.matpr.2020.02.718.

ANEXOS

ANEXO 1: Operacilización de variables

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	FORMULA	ESCALA
VARIABLE INDEPENDIENTE: ESTUDIO DEL TRABAJO	El estudio del trabajo es una disciplina de la Ingeniería Industrial que analiza y evalúa los sistemas de trabajo con el fin de incrementar la productividad de hombres, máquinas y materiales; para este fin se usan técnicas como el estudio de métodos y la medición del trabajo (Kiran 2020).	El estudio del trabajo es un conjunto de herramientas que permiten medir y optimizar la fuerza laboral determinando estándares de producción que permitan la eficiente planificación y control de las operaciones por medio de la aplicación del estudio de métodos y medición del trabajo (Flores 2016).	Estudio de métodos	Índice de actividades	Indice de Actividades = $\frac{\text{Tiempo de actividades que agregan valor}}{\text{Tiempo del total de actividades}}$	RAZÓN
			Medición del trabajo	Tiempo estándar	<p>Tiempo estándar (T_a):</p> $T_a = (T_o) * (1 + T_{sp})$ <p>Donde:</p> <p>T_a: Tiempo estándar</p> <p>T_o: Tiempo operativo o Tiempo normal</p> <p>T_{sp}: Tiempo suplementario</p>	RAZÓN
VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD	La productividad es la relación entre la salida de un determinado proceso y la entrada, donde los recursos empleados en la producción de los productos se realizan con el uso óptimo de los activos económicos, materiales y de mano de obra (Kiran 2020).	De acuerdo con Gutiérrez (2010) y Hernández (2011), la productividad se define como el cociente de los resultados obtenidos en un proceso o sistema y los recursos empleados para este fin.	Eficiencia	Porcentaje de eficiencia	<p>Porcentaje de Eficiencia = $\frac{\text{H. H. utilizadas}}{\text{H. H. diaponibles}} \times 100\%$</p> <p>** H.H.: Horas-Hombre</p>	RAZÓN
			Eficacia	Porcentaje de eficacia	<p>Porcentaje de Eficacia = $\frac{\text{Toneladas producidas}}{\text{Toneladas programadas}} \times 100\%$</p>	RAZÓN


Anexo 3. Matriz de operacionalización de variables.

ANEXO 2: Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA		
PROBLEMA GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OBJETIVO GENERAL
¿De qué manera la aplicación del Estudio del Trabajo mejora la productividad del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020?	La aplicación del Estudio del Trabajo mejora la productividad del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020.	Determinar como la aplicación del Estudio del Trabajo mejorará la productividad del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
¿De qué manera la aplicación del Estudio del Trabajo mejora la eficiencia del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020?	La aplicación del Estudio del Trabajo mejora la eficiencia del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020.	Determinar como la aplicación del Estudio del Trabajo mejorará la eficiencia del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020.
¿De qué manera la aplicación del Estudio del Trabajo mejora la eficacia del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020?	La aplicación del Estudio del Trabajo mejora la eficacia del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020.	Determinar como la aplicación del Estudio del Trabajo mejorará la eficacia del área de esmerilado de una empresa de fundición, Lima, 2020.

Anexo 4. Matriz de consistencia.

ANEXO 3: Validez de contenido del Instrumento

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE: ESTUDIO DEL TRABAJO

Nº	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
VARIABLE INDEPENDIENTE: ESTUDIO DEL TRABAJO								
Dimensión 1: ESTUDIO DE MÉTODOS								
	$\text{Índice de Actividades} = \frac{\text{Tiempo de actividades que agregan valor}}{\text{Tiempo del total de actividades}}$	X		X		X		
Dimensión 2: MEDICIÓN DEL TRABAJO								
	<p>Tiempo estándar (T_s):</p> $T_s = (T_o) + (1 + T_{sp})$ <p>Donde:</p> <p>T_o: Tiempo estándar</p> <p>T_o: Tiempo operativo o Tiempo normal</p> <p>T_{sp}: Tiempo suplementario</p>	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SI HAY


Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []


Apellidos y nombres del juez validador. Dr. (Mg): ROSARIO DEL PILAR LOPEZ PADILLA DNI: 08163545

Especialidad del validador: MAESTRA EN ADMINISTRACIÓN / INGENIERA ALIMENTARIA.

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión


 30 de octubre del 2020
 ING. ROSARIO LÓPEZ PADILLA
 CIP 200326
 Firma del Experto Informante.

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD

Nº	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
VARIABLE INDEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD								
Dimensión 1: EFICIENCIA								
	$\text{Porcentaje de Eficiencia} = \frac{\text{H. H. utilizadas}}{\text{H. H. disponibles}} \times 100\%$ <p style="text-align: right;">** H.H.: Horas-Hombre</p>	X		X		X		
Dimensión 2: EFICACIA								
	$\text{Porcentaje de Eficacia} = \frac{\text{Toneladas producidas}}{\text{Toneladas programadas}} \times 100\%$	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

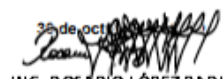
Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr. (Mg): ROSARIO DEL PILAR LOPEZ PADILLA DNI: 08163545

Especialidad del validador: MAESTRA EN ADMINISTRACIÓN / INGENIERA ALIMENTARIA.

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

30 de octubre del 2020

 ING. ROSARIO LÓPEZ PADILLA
 CIP 200326
 Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE: ESTUDIO DEL TRABAJO

Nº	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: ESTUDIO DEL TRABAJO							
	Dimensión 1: ESTUDIO DE MÉTODOS							
	Indice de Actividades = $\frac{\text{Tiempo de actividades que agregan valor}}{\text{Tiempo del total de actividades}}$	X		X		X		
	Dimensión 2: MEDICIÓN DEL TRABAJO							
	Tiempo estándar (T _a): $T_a = T_o = (T_o + T_f) * (1 + T_{sp})$ Donde: T _a : Tiempo estándar T _o : Tiempo operativo o Tiempo normal T _f : Tiempo frecuencial T _{sp} : Tiempo suplementario	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): ES PERTINENTE

Opinión de aplicabilidad: ☒ Aplicable ☐ Aplicable después de corregir ☐ No aplicable

06535058

Apellidos y nombres del juez validador: Dr/ Mg: Mg Ing Lino Rodriguez A.

DNI:

Especialidad del validador: Ing Pesquero Tecnólogo Mg Administración

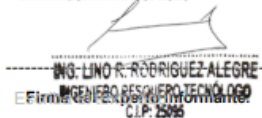
24 de oct del 2020

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión


ING. LINO S. RODRIGUEZ ALEGRE
 INGENIERO PESQUERO TECNÓLOGO
 C.I.P. 25095

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD

Nº	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD							
	Dimensión 1: EFICIENCIA							
	Eficiencia = $\frac{\text{H. H. utilizadas}}{\text{H. H. disponibles}} \times 100\%$ ** H. H.: Horas-Hombre	X		X		X		
	Dimensión 2: EFICACIA							
	Eficacia = $\frac{\text{Toneladas producidas}}{\text{Toneladas programadas}} \times 100\%$	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): ES PERTINENTE

Opinión de aplicabilidad: ☒ Aplicable ☐ Aplicable después de corregir ☐ No aplicable

06535058

Apellidos y nombres del juez validador: Dr/ Mg: Mg Ing Lino Rodriguez A.

DNI:

Especialidad del validador: Ing Pesquero Tecnólogo Mg Administración

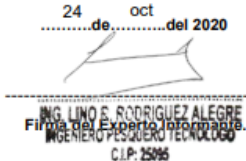
24 de oct del 2020

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión


ING. LINO S. RODRIGUEZ ALEGRE
 INGENIERO PESQUERO TECNÓLOGO
 C.I.P. 25095

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE: ESTUDIO DEL TRABAJO

Nº	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: ESTUDIO DEL TRABAJO Dimensión 1: ESTUDIO DE MÉTODOS $\text{Índice de Actividades} = \frac{\text{Tiempo de actividades que agregan valor}}{\text{Tiempo del total de actividades}}$	X		X		X		
	Dimensión 2: MEDICIÓN DEL TRABAJO Tiempo estándar (T_a): $T_a = T_o = (T_o + T_f) * (1 + T_{sp})$ Donde: T_a : Tiempo estándar T_o : Tiempo operativo o Tiempo normal T_f : Tiempo frecuencial T_{sp} : Tiempo suplementario	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

 Opinión de aplicabilidad: Aplicable ☒ Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador, Dr/ Mg: Molina Vilchez Jaime Enrique DNI: 06019540

Especialidad del validador: Ingeniero industrial CIP 100497

Lima, de Octubre del 2020

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD

Nº	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD Dimensión 1: EFICIENCIA $\text{Eficiencia} = \frac{\text{H. H. utilizadas}}{\text{H. H. disponibles}} \times 100\%$ ** H.H.: Horas-Hombre	X		X		X		
	Dimensión 2: EFICACIA $\text{Eficacia} = \frac{\text{Toneladas producidas}}{\text{Toneladas programadas}} \times 100\%$	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

 Opinión de aplicabilidad: Aplicable ☒ Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador, Dr/ Mg: Molina Vilchez Jaime Enrique DNI: 06019540

Especialidad del validador: Ingeniero industrial CIP 100497

Lima, de Octubre del 2020

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.


²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante.


ANEXO 4: Ponderación de alternativas



PONDERACIÓN DE ALTERNATIVAS DE LLUVIA DE IDEAS

Item	Descripción de los problemas observados	Jefe de Control de Procesos	Jefe de Área	Supervisor de Turno 1	Supervisor Turno 2	Supervisor de Control de Calidad	Operario de Producción	Puntaje Acumulado	%
1	Baja productividad en el proceso de esmerilado	50	90	50	50	10	10	260	43%
2	Ausentismo y rotación del personal	10	10	10	10	0	0	40	7%
3	Parada de producción por fallas en máquinas	10	10	10	10	10	10	60	10%
4	Accidentes de trabajo en el proceso productivo	10	10	10	10	0	0	40	7%
5	Desorden y falta de limpieza en el área de producción	10	10	0	0	0	0	20	3%
6	Reparación de Defectos de fundición	30	30	30	30	30	30	180	30%
TOTAL DE VALORACIÓN		120	160	110	110	50	50	600	100%


ESCALA DE VALORACIÓN	
ALTO	90
MEDIA ALTA	50
MEDIA	30
BAJA	10
NINGUNA	0



Javier E. Romero Bartra
JEFE DE TRATAMIENTO TÉRMICO Y ACABADO
FUNDICIÓN CHILCA S.A.

Anexo 9. Ponderación de alternativas de lluvia de ideas.

ANEXO 5: Matriz de selección de alternativas



MATRIZ DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

		NIVEL DE COMPLEJIDAD								TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN								INVERSIÓN ESTIMADA								Puntaje TOTAL
		Jefe de Control de Procesos	Jefe de Área	Supervisor de Turno 1	Supervisor de Turno 2	Supervisor de Control de Calidad	Operario de Producción	Puntaje Acumulado	Jefe de Control de Procesos	Jefe de Área	Supervisor de Turno 1	Supervisor de Turno 2	Supervisor de Control de Calidad	Operario de Producción	Puntaje Acumulado	Jefe de Control de Procesos	Jefe de Área	Supervisor de Turno 1	Supervisor de Turno 2	Supervisor de Control de Calidad	Operario de Producción	Puntaje Acumulado				
1	SMED	0	30	0	10	0	0	70	30	30	30	30	30	30	180	0	10	0	0	10	0	20	0	270		
2	MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	0	10	0	0	0	0	20	10	10	10	10	10	10	60	0	30	0	10	30	0	70	0	150		
3	ESTUDIO DEL TRABAJO	50	50	50	50	50	50	300	50	30	30	30	30	30	200	30	30	50	50	50	50	260	50	760		
4	MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	30	30	30	30	30	10	160	0	10	0	10	30	0	50	10	30	50	50	10	10	160	10	370		
5	TEORÍA DE RESTRICCIONES	50	50	50	50	50	50	300	10	30	50	50	10	10	160	30	30	30	30	10	30	160	30	620		

ESCALA DE VALORACIÓN - NIVEL DE COMPLEJIDAD


ALTO	0
MEDIA ALTA	10
MEDIA	30
BAJA	50
NINGUNA	90

ESCALA DE VALORACIÓN - TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN (DÍAS)

MAYOR A 120 DÍAS	0
90 DÍAS- 120 DÍAS	10
60 DÍAS- 90 DÍAS	30
30 DÍAS- 60 DÍAS	50
MEJOR A 30 DÍAS	90

ESCALA DE VALORACIÓN - INVERSIÓN ESTIMADA

MAYOR A \$50,000	0
ENTRE \$25,000 Y \$50,000	10
ENTRE \$10,000 Y \$25,000	30
ENTRE \$1,000 Y \$10,000	50
MEJOR A \$1,000	90



Javier E. Romero Bartra
JEFE DE TRATAMIENTO TÉRMICO Y ACABADO
FUNDICIÓN CHILCA S.A.






Anexo 10. Formato de matriz de selección de alternativa de solución.

ANEXO 6: Registro de toma de tiempos

REGISTRO DE TOMA DE TIEMPOS						
PROCESO:		ANALISTA:				
FECHA DE EJECUCIÓN DEL ESTUDIO DE TIEMPO						
OPERARIO QUE REALIZA LA ACTIVIDAD						
CALIFICACIÓN DEL OPERARIO						
•	HABILIDADES					
•	ESFUERZO					
•	CONDICIONES					
•	CONSISTENCIA					
TOMA DE TIEMPOS N°		1	2	3	4	5
PASOS	TAREAS DEL PROCESO	TO	TO	TO	TO	TO
01						
02						
03						
04						
05						
06						
07						
08						
09						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
TIEMPO REGISTRADO						
TASA DE RENDIMIENTO DEL OPERARIO						
TIEMPO OPERATIVO						
TIEMPO OPERATIVO (HORAS)						

Anexo 11. Formato de registro de toma de tiempo.

ANEXO 7: Diagrama de flujo de proceso

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO (DFP)										
(TAMBIÉN CONOCIDO COMO DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESOS O DAP)										
DATOS DEL DIAGRAMA DE FLUJO				RESUMEN						
FECHA:				DISTANCIA RECORRIDA		ACTIVIDADES		CANTIDAD	TIEMPO REGISTRADO	ÍNDICE DE ACTIVIDADES
ANALISTA:				TIEMPO REGISTRADO		OPERACIÓN				
PROCESO:						TRASLADO				
MÉTODO DE TRABAJO:						INSPECCIÓN				
TIPO:						ESPERA				
DETALLES DEL PROCESO				OPERACIÓN	TRASLADO	INSPECCIÓN	ESPERA	ALMACENAMIENTO	TIEMPO REGISTRADO	DISTANCIA RECORRIDA EN METROS
PASOS	ACTIVIDADES									
01										
02										
03										
04										
05										
06										
07										
08										
09										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										

Anexo 12. Formato de registro de DAP.

ANEXO 8: Sistema Westinghouse

SISTEMA WESTINGHOUSE PARA CALIFICAR OPERARIOS

Tabla 11.2 Sistema Westinghouse para calificar habilidades

+0.15	A1	Superior
+0.13	A2	Superior
+0.11	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena
+0.03	C2	Buena
0.00	D	Promedio
-0.05	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable
-0.16	F1	Mala
-0.22	F2	Mala

Fuente: Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.

Tabla 11.3 Sistema Westinghouse para calificar el esfuerzo

+0.13	A1	Excesivo
+0.12	A2	Excesivo
+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.05	C1	Bueno
+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.04	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable
-0.12	F1	Malo
-0.17	F2	Malo

Fuente: Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.

Tabla 11.4 Sistema Westinghouse para calificar las condiciones

+0.06	A	Ideal
+0.04	B	Excelente
+0.02	C	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.03	E	Aceptable
-0.07	F	Malo

Fuente: Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.

Tabla 11.5 Sistema Westinghouse para calificar la consistencia


+0.04	A	Perfecta
+0.03	B	Excelente
+0.01	C	Buena
0.00	D	Promedio
-0.02	E	Aceptable
-0.04	F	Mala

Fuente: Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.


Anexo 13. Sistema Westinghouse para califica operarios.

FUENTE: INGENIERÍA INDUSTRIAL de Niebel-2014.

ANEXO 9: Calificación de operarios

CALIFICACION DE OPERARIOS - SISTEMA WESTING HOUSE						
	OPERARIO: GUTIERREZ CALIZAYA, EFRAIN		DNI: 10594320			
	ÁREA : TRATAMIENTO TÉRMICO Y ACABADO		FECHA DE INGRESO: 14/05/2013			
	PUESTO: OPERARIO DE ESMERIL COLGANTE		AÑOS DE EXPERIENCIA: 7			
FACTOR	DESCRIPCIÓN	CLASE	RANGO	%	JUSTIFICACIÓN	
HABILIDAD	Se define habilidad como la destreza de trabajador para seguir un método dado. Está relacionada con su experiencia y la familiaridad del trabajador con la actividad en desarrollo.	B2	EXCELENTE	+0.08	El operario posee destreza alta para realizar la operación con facilidad.	
ESFUERZO	Se define esfuerzo como la demostración de la voluntad del operario para trabajar de manera eficaz. Está relacionado con la velocidad con la que aplica la habilidad. Se debe evaluar solo el esfuerzo eficaz, dado que algunos trabajadores aplican un esfuerzo mal dirigido con el fin de incrementar el tiempo de ciclo.	D1	PROMEDIO	0.00	El operario demuestra disponibilidad, voluntad e interés en la ejecución de su labor. Su velocidad de trabajo es acorde a lo esperado.	
CONDICIONES	Se considera en condiciones el grado de afectación en el desempeño del operario más no en la operación de aspectos tales como la temperatura, el ruido, la iluminación, etc.	D	PROMEDIO	0.00	El operario trabajo condiciones adecuadas de temperatura, iluminación y ruido.	
CONSISTENCIA	Se considera en condiciones el grado de variabilidad en el desempeño del operario respecto al tiempo que emplea en realizar una actividad.	E	ACEPTABLE	-0.02	Se observa poca variación en la ejecución de la actividad	
SUMA DE FACTORES				0.06		
FACTOR DE ACTUACIÓN				1.06		


 JAVIER E. ROMERO BARTRA
 JEFE DE TRATAMIENTO TÉRMICO Y ACABADO
 FUNDICIÓN CHILCA S.A.

CALIFICACION DE OPERARIOS - SISTEMA WESTING HOUSE						
	OPERARIO:	CASHU PACAYA JOSÉ LUIS	DNI:	45913974		
	ÁREA :	TRATAMIENTO TÉRMICO Y ACABADO	FECHA DE INGRESO:	18/04/2018		
	PUESTO:	OPERARIO DE ESMERIL COLGANTE	AÑOS DE EXPERIENCIA:	2		
	FACTOR	DESCRIPCIÓN	CLASE	RANGO	%	JUSTIFICACIÓN
HABILIDAD		Se define habilidad como la destreza de trabajador para seguir un método dado. Está relacionada con su experiencia y la familiaridad del trabajador con la actividad en desarrollo.	B2	EXCELENTE	+0.08	El operario posee destreza para realizar la operación con facilidad.
ESFUERZO		Se define esfuerzo como la demostración de la voluntad del operario para trabajar de manera eficaz. Está relacionado con la velocidad con la que aplica la habilidad. Se debe evaluar solo el esfuerzo eficaz, dado que algunos trabajadores aplican un esfuerzo mal dirigido con el fin de incrementar el tiempo de ciclo.	C2	BUENO	+0.02	El operario demuestra disponibilidad, voluntad e interés en la ejecución de su labor. Su velocidad de trabajo es acorde a lo esperado.
CONDICIONES		Se considera en condiciones el grado de afectación en el desempeño del operario más no en la operación de aspectos tales como la temperatura, el ruido, la iluminación, etc.	D	PROMEDIO	0.00	El operario trabaja condiciones adecuadas de temperatura, iluminación y ruido.
CONSISTENCIA		Se considera en condiciones el grado de variabilidad en el desempeño del operario respecto al tiempo que emplea en realizar una actividad.	E	ACEPTABLE	-0.02	Se observa poca variación en la ejecución de la actividad
SUMA DE FACTORES					0.08	
FACTOR DE ACTUACIÓN						1.08


 Javier E. Romero Bartra
 JEFE DE TRATAMIENTO TÉRMICO Y ACABADO
 FUNDICIÓN CHILCA S.A.

ANEXO 10: Tipos de holguras

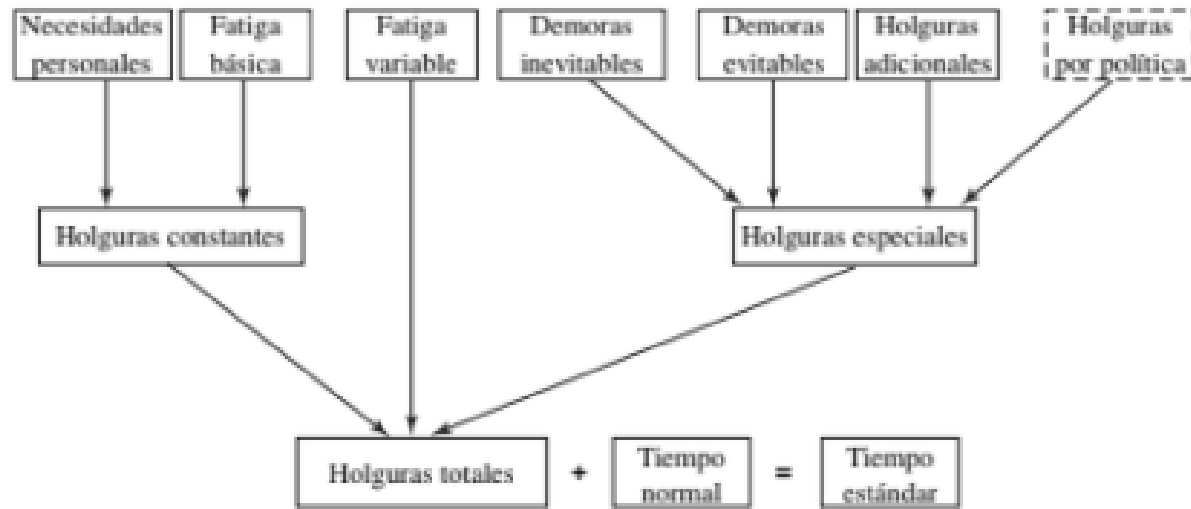


Figura 11.6 Tipos de holguras.

Anexo 16. Tipos de holguras.


FUENTE: INGENIERÍA INDUSTRIAL de Niebel-2014.

Tabla 11.9 Holguras recomendadas por ILO

A. Holguras constantes:	
1. Holgura personal.....	5
2. Holgura por fatiga básica	4
B. Holguras variables:	
1. Holgura por estar parado.....	2
2. Holgura por posición anormal:	
a) Un poco incómoda.....	0
b) Incómoda (flexionado).....	2
c) Muy incómoda (acostado, estirado).....	7
3. Uso de fuerza o energía muscular (levantar, arrastrar o empujar):	
Peso levantado, lb:	
5.....	0
10.....	1
15.....	2
20.....	3
25.....	4
30.....	5
35.....	7
40.....	9
45.....	11
50.....	13
60.....	17
70.....	22
4. Mala iluminación:	
a) Un poco abajo de lo recomendado.....	0
b) Bastante abajo de lo recomendado.....	2
c) Muy inadecuada.....	5
5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad): variable.....	0-100
6. Atención cercana:	
a) Trabajo bastante fino.....	0
b) Trabajo fino o exacto.....	2
c) Trabajo muy fino o muy exacto.....	5
7. Nivel de ruido:	
a) Continuo.....	0
b) Intermitente: fuerte.....	2
c) Intermitente: muy fuerte.....	5
d) De tono alto: fuerte.....	5
8. Esfuerzo mental:	
a) Proceso bastante complejo.....	1
b) Espacio de atención compleja o amplia.....	4
c) Muy complejo.....	8
9. Monotonía:	
a) Baja.....	0
b) Media.....	1
c) Alta.....	4
10. Tedio:	
a) Algo tedioso.....	0
b) Tedioso.....	2
c) Muy tedioso.....	5

Anexo 17. Holguras recomendadas por ILO.

FUENTE: INGENIERÍA INDUSTRIAL de Niebel-2014.

		CALIFICACCION DE HOLGURAS - INTERNATIONAL LABOUR OFFICE (ILO)				
ÁREA:		TRATAMIENTO TÉRMICO Y ACABADO				
OPERACIÓN:		ESMERILADO DE PIEZAS FUNDIDAS				
FECHA DE EVALUACIÓN:		29/06/2020				
TIPO DE HOLGURA		FACTOR	SUBFACTOR	VALORACIÓN		
HOLGURAS CONSTANTES	1. HOLGURA POR NECESIDADES PERSONALES			5		
	2. HOLGURA POR FATIGA BÁSICA			4		
	1. HOLGURA POR ESTAR PARADO			2		
	2. HOLGURA POR POSICIÓN INCÓMODA			0		
HOLGURAS ESPECIALES	3. ESFUERZO O ENERGÍA MUSCULAR		30 lb	5		
	4. MALA ILUMINACIÓN		UN POCO DEBAJO DE LO RECOMENDADO	0		
	5. CONDICIONES ATMOSFÉRICAS		(0-100)	0		
	6. ATENCIÓN			0		
	7. RUIDO		CONTINUO	0		
	8. ESFUERZO MENTAL			0		
	9. MONOTONÍA		BAJA	0		
	10. TEDIO		ALGO TEDIOSO	0		
	SUMA DE HOLGURAS				16	
	FACTOR DE HOLGURA				0.16	


 Javier E. Romero Bartra
 JEFE DE TRATAMIENTO TÉRMICO Y ACABADO
 FUNDICIÓN CHILCA S.A.

Anexo 18. Calificación de holguras recomendadas por ILO para proceso de esmerilado